

అంధ్రప్రదేశ్ సైన్సు అకాడమీ ప్రచురణలు - 5

సాపేక్షత

“రిలేటివిటీ”

“Theory of Relativity”



1969

ఆంధ్రప్రదేశ్ సైన్సు అకాడమీ ప్రచురణములు - 5

సాపేక్షత

విశిష్ట, సాంకేతిక సిద్ధాంతములు
(సులభ వివరణము)

రచన :

ఆల్బర్ట్ అయిన్ స్టీన్
అత్యున్నత విద్యా కేంద్రము, ప్రిన్సిటన్, న్యూజెర్సీ.

అధికృత అంగ్ల భాషాంతరీకరణము.
రాబిన్స్, డబ్ల్యు. లాసన్
షెఫీల్డ్ విశ్వవిద్యాలయము.

అనువాదము :

హరి లక్ష్మీ పతి

న్యూ సైన్సు కళాశాల, ప్రొద్దుటూరు.



ఆంధ్రప్రదేశ్ సైన్సు అకాడమి

ప్రొద్దుటూరు

RELATIVITY BY ALBERT EINSTEIN

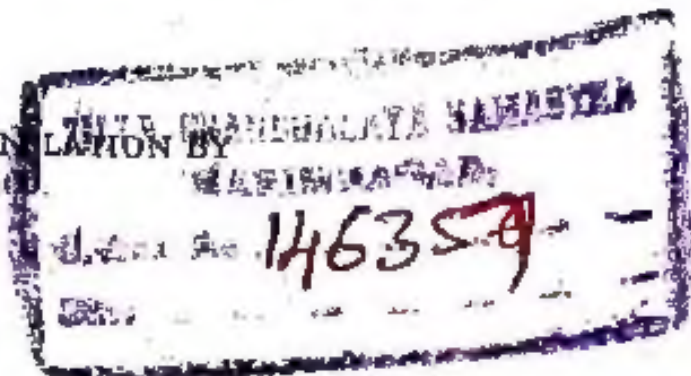
Authorised translation into English by

Robert W. Lawson.

15th Edition, Revised and enlarged.

TELUGU TRANSLATION BY

Hari Lakshmi



Published by:

ANDHRA PRADESH AKADEMI OF SCIENCES,

Ozmania University Campus, Hyderabad-7.

December, 1969.

Copy right by Publishers

Copies Printed: 1000.

Price Rs. 3-8.

530-11

Q. 8-26

ACKNOWLEDGEMENTS TO:

MESSRS METHUEN & CO LTD., LONDON

36, Essex Street, Strand W. C. 2

for permission to publish Telugu Edition.

Printed at:

B. V. R. Balreddy & Co.,

137 Park Lane,

Secunderabad.

అంధ్రప్రదేశ్ సైన్సు అకాడమీవారు నిర్ణయించుకొన్న ప్రచారక నేమనరించి యిప్పటికి వాలుగు పుస్తకములు ప్రచురించినవి. ఇది అయిదవ ప్రచురణ. ఇంకనూ మరికొన్ని అనువాదములు ముద్రణకు తయారుగా నున్నవి. అకాడమీ ఆరంభదశలో సంపాదక వర్గమువారు ఎంచిన పుస్తకములన్నియు ప్రచురణమగువరకు, క్రొత్తగా యితర పుస్తకములను వ్రాయుటగాని, అనువదించుటగాని ఆర్థిక ప్రతిబంధకముల వలన సాధ్యము కాకపోయెను. అనేకమంది అకాడమీ సభ్యులు, యితర శాస్త్రజ్ఞులు ప్రచురింపదగిన పుస్తకముల గురించి సూచనలు, సలహాలు యిచ్చి ఉన్నారు. అవకాశము వచ్చినపుడు వానిని శ్రద్ధతో పరిశీలించగలము.

ఈ శతాబ్ది ప్రథమపాదమున, యాసిద్ధాంతము నూహించి ప్రతిష్ఠించిన అయిన్ స్టీన్ అనన్య ప్రతిభాశాలి. ఈ సిద్ధాంతమును దాని సృష్టికర్త యగు అయిన్ స్టీన్ ను పేరిగా గ్రహించలేక పోయినవారు ఆయనను వాస్తవికుడుగా విమర్శింతురు. ఆయన విశ్వమును సృష్టించినది పరమాత్మప్రజ్ఞయేనని దృఢమైన నమ్మకము కలిగియుండెను. అందువలన వారిరంగనలలో ఒక విధమయిన ఉత్తమ మతతత్వభావనకూడా ఉన్నది. ఆయన విశ్వమున తర్కించినట్లించిన పేదకాలపు ఋషుల పారంపర్యములను చేర్చదగినవాడు.

అయిన్ స్టీన్ మహాశయుడె ఆయన పరిశోధనల గురించి. కార్నల్ రచించిన సులభ వివరణ గ్రంథమునకు "ముందుమాట" వ్రాయుచు యాక్రింది అభిప్రాయమును వెల్లడించారని మనశాస్త్రజ్ఞులు గమనింతురుగాక, "ప్రజానీకము బుద్ధి పూర్వకముగ తెలివితేటలతో విజ్ఞాన పరిశోధనల ఫలికములను తెలిసికొని అనుభవించు అవకాశమును యిచ్చుట, అది ప్రాధాన్యముగా పరిగణింపవలెను. విజ్ఞాన సముదాయ సంవత్సరిని చిన్న అందమునకు మాత్రము హస్తగతము చేసియుంచినయెడల ఆ దేశ ప్రజలయొక్క శాస్త్ర విచారతృష్ణత అణచివేసి, ప్రజలలో ఆధ్యాత్మిక దాడిత్ర్యమునకు దారితీయును."

పుస్తకములోని వస్తువు అతి నిగూఢము. కేభాగదీత, వీజగదీత, ఖగోళ, భౌతిక, విజ్ఞాన శాస్త్రపాండిత్య సమ్మితము. తెలివితేటలేక పాఠము. ఈ కాలపు చతురకరకపు పుస్తకములకు నిలవాముపడిన, చదువులు దీనిని చదువుటకు కొంత జంకుదురేమో! అయిన్ స్టీన్ గారు

చెప్పినట్లు, కళాకాలలో చదువుతో బాటు, విజ్ఞాన తృప్తి, ఎక్కువలర్పు దృఢ నిశ్చయము ఈ గ్రంథవరసమునకు అవసరమగును. అట్టి పాఠకులకే, అందలి భావములు, ప్రయోగములు, సూత్రములు, నిగమనములు సుగ్రాహ్యమగును.

అతి క్లిష్టమగు నూతనసిద్ధాంతమును, గణిత, భౌతిక శాస్త్రములలో ఎక్కువ పాండిత్యము లేనటువంటి, సామాన్యచదువరులకు, సులభముగా అర్థమగునట్లు, అయిన్ స్టిన్ ఆచార్యులే పూనుకొని వ్రాసినట్టి సంగ్రహ రచన యిది. దీని ఆంగ్లానువాదము ప్రఖ్యాతమైన గ్రంథము. ఉస్మానియా విశ్వ విశ్వవిద్యాలయ భౌతిక శాస్త్రాచార్యులు, ప్రథమంలో అకాడమీ గ్రంథ సంపాదకులు, అయిన శ్రీ రావాడ సత్యనారాయణగారు, ఈ గ్రంథమును తెలుగులో ప్రచురింప ప్రోత్సహించిరి. వారే విశ్వవిద్యాలయ ఉపాధ్యక్ష పదవి నలంకరించి, యిప్పుడు మా ప్రచురణకు 'తొలిపలుకు' వ్రాసి యిచ్చి నందులకు, వారికి మా కృతజ్ఞతాపూర్వక వందనములు.

భాషాంతరీకరణములో, పరిపాలనలో వలసే, అనేక క్లిష్ట సమస్యలను ఎదుర్కొన వలసి యుండును. ఆవేదనలను, అనుభవించినవారికే ఆ కష్ట నిష్ఠురములు, తెలియును. ఇట్టి గ్రంథమును తెనిగింప బూనుటకు విస్తార మగు విజ్ఞానము, భాషాపాండిత్యము మాత్రమే కాక, ధైర్యసాహసములు కూడ అవసరము. అట్టి కార్యభారమును శ్రీ హరి లక్ష్మీవతిగారు వహించినందుకు అభినందనములు. ఈ ఆంధ్రీకరణము ఎంశవరకు విజయ వంశమో, సహృదయులు, విజ్ఞానకోవిదులు అయిన చదువరులే నిర్ణయింప గలరు.

ఈ అంధ్రానువాదమును జాగ్రత్తగా పఠించిన వారలలో ఏకాద్వి మందయిననూ, గ్రంథస్థమయిన విజ్ఞాన విషయములలో ప్రత్యేక శ్రద్ధ వహించి, ఎక్కువ పరిశ్రమసల్పి, "నార్లేకర్" "సుదర్శన్" మొదలయిన వారివలె అయిన్ స్టిన్ ప్రతిష్టించిన విజ్ఞానలోకములలో మన ప్రదేశమునకు, కీర్తి, వార్తించురని మా అకాడమీ ఆశాభావము.

డా. రావూడ సత్యనారాయణ

B.A. (Oam), A.R.C.S. B. Sc. (Hons)
PH. D. (Lond)

ఉస్మానియా విశ్వవిద్యాలయ
ఉపాధ్యక్షుడు

తొలి పలుకు

తన సిద్ధాంత సులభ వివరణ కొరకై, అయిన్ స్టీన్ తానే వ్యయముగా రచించిన "సాపేక్షతా సిద్ధాంతము"ను పుస్తకమునకిది అనువాదము అనేక ముద్రణల నందిన ప్రఖ్యాత గ్రంథమిది. సులభవివరణ కొరకై విద్వేషింపబడిన పుస్తకమయినను, నవలవలె చదువ దగినది కాదని అయిన్ స్టీన్, తనంతట తానే వ్యక్తపరచును. ఈ పుస్తకమును అనేక పర్యాయములు నేను చదివితిని. ఆంధ్రప్రదేశ్ నైప్పు అకాడమి తరపున, అనువాద, ప్రచురణల కొరకై, ఈ పుస్తకమును ఎంచుటకు నేను కాధ్యక్షుడను. నామాన్యమయిన మెట్రక్యులేషన్ తరగతి వరకు కావలసిన, గణిత విజ్ఞాన శాస్త్రముల జ్ఞానమును పొందిన ఎవ్వరయిననూ, క్రమపద్ధతిని వాదములను గమనించుచు, తీవ్రయత్నము శావించిన యెడల, అవగాహన చేసుకొన గలిగిన పుస్తకమిది.

భౌతిక శాస్త్రమున, అతి క్లిష్టతరమైన సిద్ధాంతములలో నొకటిగా అయిన్ స్టీన్ సాపేక్షతా సిద్ధాంతము పరిగణింప బడుచున్నది. ప్రపంచ మంతటిలో కేవలము ముగ్గురువ్యక్తులుమాత్రమే, ఈ సిద్ధాంతమును అవగాహన మొనరించు కొనిరని, అందులో ఒకవ్యక్తి అయిన్ స్టీన్ అనీ, ఒకానొక వ్వుడొక ఉట్టుకథ కలదు. తీవ్రయత్నము సల్పులభిలాష, గణితవిజ్ఞాన శాస్త్రములయందు ప్రాథమిక జ్ఞానము కలిగియుండిన ఎవ్వరయిననూ అవగాహన మొనరించుకొన కలిగిన శ్రేణియం దొక పుస్తకముగ, రచించి అయిన్ స్టీన్ ఆమిధ్యను తొలగించెను. అనువాదకుడయిన శ్రీ హరి లక్ష్మీవతి కూడా అనుభవశాలి అయిన భౌతిక శాస్త్రాధ్యాపకుడు. సాపేక్షతను గురించి తెలుసుకొనేటంతటి యిచ్చ భౌతిక శాస్త్రములయందు గల తెలుగునేర్చిన ప్రజానీకమునకు, యీ పుస్తకమును అందుచే ఆదరించుడని తెల్పుటకు సంతోషించుచున్నాను.

హైదరాబాదు

17 డిసెంబరు 1969

డా. సత్యనారాయణ

గ్రంథకర్త పీఠికకు అనువాదము

పాఠకులు, సైద్ధాంతిక, భౌతికశాస్త్ర పరికరముల నువయోగించుటలో ప్రవీణులు కాకపోవచ్చును. కాని సాపేక్షతా సిద్ధాంతమును గురించిన, సామాన్య శాస్త్రీయ తాత్విక దృక్పథమువల్ల ఆసక్తి కలిగి యుండవచ్చును. అటువంటివారికి, సాధ్యమయినంతవరకు ఆ సిద్ధాంతము యొక్క సరియయిన దృక్పథమును సమీకరించు కొనుటకై, ఈ పుస్తకము ఉద్దేశింపబడినది. విశ్వవిద్యాలయ ప్రవేశ పరీక్షకు కావలసిన విద్యా ప్రమాణము, శీవ్రమైన పట్టుదల, అమితమైన శ్రద్ధ, గ్రంథము చిన్నది అయినా, చదువరులకు అవసరము. ఈ సిద్ధాంతముయొక్క ప్రధానోద్దేశములు ఉత్పన్నమయిన క్రమమును, సందర్భానుగుణ్యముగా, సులభగ్రాహ్యమగునట్లు నివేదించవలయుననియు గ్రంథకర్త శక్తివంచనలేక ప్రయత్నించెను. విషయమును విస్పష్టముగా విశదీకరించవలెనన్న ఆసక్తికొలది చర్చితచర్చణము తప్పనిసరియైనది. సుందరమగు రచనవల్ల అంతగా శ్రద్ధచూపలేదు. “వస్త్రాలంకారునకు, చర్మకారునకు, వన్నెచిన్నెలు వదలిపెట్టవలెను” అను సుప్రసిద్ధ సైద్ధాంతిక భౌతికశాస్త్రవేత్త అయిన “యల్. బోల్ట్జ్ మన్” యొక్క ఆదర్శమును తు. చ. తప్పకుండ పాటించితిని. ఆయినప్పటికి విషయమునందలి క్లిష్టతను చదువరులకు లేకుండ చేసినది దర్పములను పలుకను. అంతేకాకుండా భౌతికశాస్త్ర పరిచయములేని పాఠకులను “అడవికిపోయి చెట్లెక్కడ ఉన్నవని” వెదకువానివలె చేయకుండుటకై, ఈ సిద్ధాంతమునకు మకుటాయమానమైన భౌతికశాస్త్రపు మూలాధార సూత్రములను సవతితల్లి మర్యాదతో-

అనగా దురవగాహములయిన వాని పొంతపోక సామాన్య విషయములనే వివరించుచు ఈ రచన సాగించితిని.

ఎవ్వనికే నొకనికి భావనాపథమున కొన్ని గంటలయినను స్వేచ్ఛా విహారము ఈ పుస్తకము ప్రసాదించుగాక.

డిసెంబరు 1918

ఆ. అయిన్ స్టీన్

పదిహేనవ ముద్రణమునకు సూచన

విశేషించి "అంతరాళము" (Space) ను గురించి ప్రతినిత సమస్య మీదనూ, సాపేక్షతా దృష్ట్యాభావ ఫలితముగా, అంతరాళము గూర్చి మనకున్న అభిప్రాయములు క్రమేణా మారుదూరము పొందుచున్న వైఖరి మీదనూ, నా అభిప్రాయములు వెలిబుచ్చుచూ, అయిదవ అనుబంధమును ఈ ముద్రణమునందు అదనముగ చేర్చితిని. "భౌతిక వాస్తవికతకు లోనయిన" యదార్థములైన వస్తువులతో నిమిత్తములేకుండా, అంతరాళ కాలమునకయి వేత యొక స్థావరము కల్పింప నవసరములేదు" అని చూపుటయే నా సంకల్పము. అంతరాళమునందు భౌతిక వస్తువులు లేవుగాని, అవి అంతరాళమున వ్యాపించియున్నవి.

ఈ సంఘా ననుసరించి "కూన్యాంతరాళము" అను అభిప్రాయము అర్థరహితమగును

జూన్, 9, 1952

ఆ. అయిన్ స్టీన్.

విషయ సూచిక 95.86

ప్రథమ భాగము

విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతము

	పుట
1. రేఖాగణిత ప్రతిపాద్యముల భౌతికార్థము	1
2. నిర్దేశకాంకముల విభానము	5
3. సాంప్రదాయక యాంత్రిక కాస్త్రీమున కాలము - అంతరాళము	9
4. గెరీలియస్ విభానపు నిర్దేశకాంకములు	12
5. సాపేక్షతా సూత్రము (పరిమితార్థమున)	18
6. సాంప్రదాయక యాంత్రిక కాస్త్రీమున సరళ వేగముల సంకలన సిద్ధాంతము	17
7. సాపేక్షతా సిద్ధాంతముతో స్థూలదృష్ట్యా కాంతి ప్రసార సయమము సరిపడకపోవుట	18
8. భౌతిక కాస్త్రీమున "కాలము" యొక్క భావన	22
9. యుగవత్ సాపేక్షత	26
10. దూరభావ సాపేక్షతా విషయము	29
11. లారెన్స్ ట్ డ్ రూపాంతరము	31
12. చలనస్థితినున్న, కొంతబద్ధల యొక్కయూ గడియారములయొక్కయూ ప్రవర్తనలు	36
13. సరళ వేగ సంకలన సిద్ధాంతము ఫిజ్య ప్రయోగము	39
14. సాపేక్షతా సిద్ధాంతము - స్వయంసమర్థత	43

15. సాపేక్షతా సిద్ధాంతముయొక్క సార్వత్రిక ఫలితములు
45
16. అనుభవము - విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతము
51
17. మిన్ కాస్కి - చతుర్విధీయ అంతరాళము
56

ద్వితీయ భాగము

సార్వత్రిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతము

18. సాపేక్షతా సిద్ధాంతపు విశిష్ట సార్వత్రిక మూలసూత్రము
61
19. గురుత్వాకర్షణ శక్తి
65
20. జడత్వ, గురుత్వ, ద్రవ్యరాశుల తుల్యత - సాపేక్షతా సిద్ధాంతముయొక్క సామాన్య గృహీతమునకు వాదముగ
68
21. సాంప్రదాయిక యాంత్రిక శాస్త్రముల సూత్రములు విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతముయొక్క మూల సూత్రములు ఏ ఏ విషయములలో అసంకృప్తి కరములుగ నున్నవి?
73
22. సార్వత్రిక సాపేక్షతా సిద్ధాంత మూలసూత్రము నుండి వెలువడు కొన్ని నిగమనములు
75
23. పరిభ్రమించు సూచిత వస్తువుపై గడియారములు కొలత కడ్డీలు ప్రవర్తించు విధము
80
24. యూక్లిడియన్ మరియు యూక్లిడియన్ కాని ఏకాండములు
85
25. గాసియన్ నిర్దేశకాంకములు
89

26. విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతముయొక్క స్థల-కాల
ఏకాండము, యూక్లిడియన్ ఏకాండముగ
వరిగడింపబడుట 94
27. సార్వత్రిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతముయొక్క స్థల-
కాల ఏకాండము యూక్లిడియన్
ఏకాండము ఒకటి కాదు 98
28. సార్వత్రిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతపు మూలసూత్రము
యొక్క సరియైన సూత్రీకరణము 100
29. సార్వత్రిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతముల తత్త్వము
ఆధారముగ గురుత్వాకర్షణ సమస్య
వరిస్కృతి 108

తృ తీ య భా గ ము

"విశ్వము ఏకరాళి" అను దానిపై చర్చ

30. న్యూటన్ సిద్ధాంతము - విశ్వసంబంధములైన
ప్రతిబంధకములు 109
31. అగ్రుత వరిమితమగుచునే అనంతమగుట సంభవమా? 112
32. సార్వత్రిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతరీత్యా స్థలనిర్మితి 118

అ ను బంధ ము లు

1. లారెన్ట్ ట్ ట్ రూపాంతరణకు సామాన్యోత్పాదనము 121
2. మిక్ టోస్కి చతుర్మితీయ అంతరాళము
(ప్రపంచము) (17వ ప్రకరణమునకు అనుబంధము) 129
3. సార్వత్రిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతముయొక్క ప్రయో
గాత్మక ధృవనిరూపణము 181

(ఎ) బుధునియొక్క అను మార్గబిందుగతి	199
(బి) గురుత్వాకర్షణ శక్తమువలన కాంతి నిశ్చేపము	185
(సి) శోడరేఖవైపునకు వర్ణక్రమ రేఖల విస్తాపనము	128
4. పార్వత్రిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతానుసారము అంతరాళ నిర్మితి (82వ ప్రకరణమునకు అనుబంధము)	143
5. సాపేక్షత - స్థల సమన్య	145
గ్రంథ వివరణ పట్టి (Bibliography)	170
అనుక్రమణిక (Index)	172

సాపేక్షత

ప్రథమ భాగము :

విశిష్ట సాపేక్షత సిద్ధాంతము

1

రేఖాగణిత ప్రతిపాద్యముల భౌతికార్థము

అదిలో గడిపిన దినములలో, ఈ పుస్తకమును చదువుచున్న మీలో చాలామంది "యూక్లిడ్ రేఖాగణిత" మనబడే గొప్ప కట్టడముతో పరిచయము కలిగించుకునే యుందురు. ఆ మహాభవనం - పై అంశస్తులకు పోయే మెట్ల వరుస పైకెక్కింప వలెనని కర్తవ్య పరాయణులయిన ఉపాధ్యాయులు గంటల కొలది మిమ్ము తరిమి తరిమి కొట్టడము. ప్రేమను మించిన పూజ్యభావముతో జ్ఞప్తయించు కొందురు. అకాశ్రయము నందలి మారుమూలనున్న ఏ ప్రతిపాదన నయిననూ యథార్థము కాదన్న చారినీ, మీ అనుభవ జ్ఞానము వలన ఏహ్యముగ చూతురు. కాని "రేఖాగణిత ప్రతిపాద్యములు యథార్థము" అని నొక్కి పలుకుటలో మీ భావమేమి? అని మిమ్ములను ఎవరయినా అడిగిన, నిజమని నమ్ము మీ దృఢ విశ్వాసము తడఠము అంతరించును. ఈ పై ప్రశ్నను ఇంచుక నిదానించి పరిశీలంతము.

తలము, బిందెవు, సరళరేఖ మొదలగు వానిని గురించి నిర్వికారి ప్రాయములను, ఇంచుమించు జత చేయగలము. అవిప్రాయములను ప్రమా

దముగ గొని, సత్యములని యొప్పించ గలుగు కొన్ని ప్రతిపాద్యములను (స్వయంసిద్ధములను) ముండిడు కొని రేఖాగణితము వ్రోగమించినది. ఆ స్వయం సిద్ధములనే అనుగమించి మిగిలిన ప్రతిపాద్యము అన్నియు వెల్లడివని తార్కిక సాంప్రదాయము ఆధారభూతముగ గొని, చూపబడినది అనగా అవి ధృవసిద్ధాంతములుగ నిరూపింపబడినవి. అవి "యథార్థమని" "అప్పుకొనక తప్పదు" అని మనంతట మనకే తోచును. ఈ స్వయంసిద్ధములనుండి, అంగీకరింపబడిన విధానమున, ప్రతిపాద్యములు, ఉత్పన్నమయి వచ్చుదు మాత్రమే అవి "యథార్థమగును" ఇట్లు రేఖాగణితములలోని ప్రతిపాద్యముల యథార్థ్యమును గూర్చి చేయఁబడిన తీక్షణ సవ్యయం సిద్ధముల యథార్థతయే అయినది. స్వయంసిద్ధముల యథార్థత గురించి కలుగు శంకలకు రేఖాగణిత శాస్త్రపద్ధతుల, రీత్యా సమాధానము లేదు. అంతే కాకుండా ఈ సంప్రశ్నయే అర్థరహితము. ఇది చాల కాలము ముడియు గలిసి యున్న విషయమే. "రెండు బిందువులగుండా ఒకే ఒక సరళ రేఖ పోవును" అను స్వయం సిద్ధము "యథార్థమా" "కాదా" అని మనము ప్రశ్నింప జాలము. కాని యూక్లిడ్ రేఖాగణితము సరళరేఖలనబడు చాటితో వ్యవహరించును. అందు ప్రతియొక్క సరళరేఖ, దానివయి నిర్దేశింపబడిన రెండు బిందువుల మూలమున నిర్ణయింప బడును. "ఈధర్మము సర్వత్రా అన్ని సరళ రేఖలకు అను వర్తించును" అని మాత్రము చెప్పగలము. "యథార్థత" గురించి గల "భావన" శుద్ధరేఖాగణిత నిర్ధారణలతో ఏకీకరించుట లేదు. ఎందు వలన అనగా "యథార్థము" అను పదముతో, దానికి అనుసంబంధించిన వాస్తవిక వస్తువునకునూ, ఏలాగున అయిననూ, తుదకు ముడిపెట్టు అలవాటునకు మనము లోనయిడిన్నాము. ఏమయినప్పటికీ, అభిప్రాయమునకునూ, అభిప్రాయమునకు గల పరస్పర తార్కిక సంబంధము మినహా, రేఖాగణితాను గతములగు అభిప్రాయములకునూ అనుభవగతముల వస్తువులకునూ, గల పొత్తుతో రేఖాగణితము నకు సంబంధము లేదు.

అయినప్పటికిని, రేఖాగణితపు స్వయం సిద్ధములు సత్యము అని అనుటకు, ఏదో బలవంతము పైన ఒప్పుకొనవలసి వచ్చినట్లు తోచును. "ఏల అది" అను ప్రశ్నకు సమాధానమరయుట కష్టతరము కాదు. రేఖాగణితాభి ప్రాయములు, కొలదిగనో, గొప్పగనో, ప్రాకృత వస్తువులతో అవినాశావ సంబంధము కలిగియున్నవి. ఆ అభిప్రాయములకు ఈప్రాకృత వస్తువులే నిర్వివాదముగ మూలకారణములు. యథాసాధ్యమగువంతులై విరివిగా నిర్మాణమునకు, తార్కిక సమైక్యత కుదుర్చుట కయి, రేఖాగణితము పూర్వ పంథానుండి వైదొలగ వలసి యున్నది. ఉదాహరణకు "దూరము" అను పదము తీసుకొందము. 'దూరము' అనగానే నిత్యానుభవములోని ఒక దృఢమైన వస్తువు దాని మీద గుర్తింప బడిన రెండు స్థానముల మోడట మనకు పరిపాటి అయిపోయినది. ఈ విధముగ దూరము గురించి ఆలోచించు అలవాటు మనలో తోతుగా పాతుకొని పోయినది. అనువైన పరిశీలనా స్థలమునుంచి, ఒక కన్ను మూసి పరీక్షించునపుడు, దృశ్యమానములగు మూడు బిందువులు ఏకీభవించునటుల చేయబడిన యెడల, ఆమూడు బిందువులు ఒకే సరళరేఖ మీద నుండునని భావించుటకు మనము అలవాటు పడియున్నాము.

అలవాటు పడిన ధోరణితోపాటు "దృఢమైన వాస్తవిక వస్తువుకకు మనము స్థలమార్పులను కలిగించినను, దాని మీదనున్న రెండు బిందువుల మధ్యనున్న దూరము, ఎల్లిప్పుడ నూ సమానముగా నుండును" అను ఒకే ఒక ప్రతిపాద్యము మూలమున, యూక్లిడ్ రేఖాగణిత ప్రతిపాద్యములకు మనము పూర్ణాకృతిని కల్పించము. అటుల కల్పించిన యెడల, దృఢమైన వాస్తవిక వస్తువులయొక్క యథార్థసాధ్యమగు సాపేక్షస్థానముల మీద 'ప్రతిపాద్యములు', యూక్లిడ్ రేఖాగణిత ప్రతిపాద్యములు విడిపోవును.¹ ఈ విధముగ పూరించబడిన, రేఖాగణితము, భౌతికశాస్త్ర కాఖగ

1. స్యాఖావిక వస్తువుకూడ సరళ రేఖతో అను సంధించబడినది అనునది స్ఫురించును, A, C, వృత్త బిందువులు అయిన AB, BCల మధ్య గల దూరముల మొత్తము సాధ్యమగు నంత ప్రోస్తముగ నుండునట్లు B గ్రహించడ మయినది. అప్పుడు A, B, C, అను ఈ మూడు బిందువులు ఒకే సరళరేఖమీద నుండును. ఈ అవమగ్రమగు మోచన ప్రస్తుతావసరమునకు సరిపోవును.

పరిగణింపదగును. రేఖాగణితాభిప్రాయములతో జతపఱచిన వాస్తవిక వస్తువుల విషయమై ఈ ప్రతిపాద్యములు సంతృప్తి కరములగునా? అని మనము ప్రశ్నించుట ధర్మసమ్మతము. కనుక ఈ క్షణము, రేఖాగణిత ప్రతిపాద్యములకు వ్యూహిక కలిపించినయెడల, అందలి "యథార్థత" గూర్చి మనము ప్రశ్నించుట న్యాయసమ్మత మగును. ఈ భావముతో, క్షేత్రగణిత ప్రతిపాద్యముల "యథార్థత" అనగా, కొలతబద్ధ, వృత్తలేఖనో గూడిన విశ్వాసము అను అభిప్రాయము ఇంచుమించు, మనము వెలిబుచ్చవగును.

ఈ మతానుగతిని రేఖాగణిత స్వయం సిద్ధముల యథార్థత విశ్వయముగ, అనంపూర్ణాను భవమునకు వెలియైన పునాదులపై స్థాపింప బడినదే. కాని ప్రస్తుతము రేఖాగణిత ప్రతిపాద్యముల "యథార్థత" యథార్థముగనే అనుకొందము ఆ తరువాత (సాంకేతిక సాపేక్షతా సిద్ధాంత భాగమున) ఆ యథార్థతకు గల హద్దుల గూర్చి పరిశీలించుము. అటుపై ఆ హద్దుల పరిమితుల గూర్చి చర్చించుము.

నిర్దేశాంకముల విధానము

ఇదివరలో సూచించబడిన "దూరము" అను పదమునకు గల భౌతికార్థ వివరణము ఆధారముగా గాని దృఢమైన వస్తువునందుగల రెండు బిందువుల మధ్యగల దూరమును కొలతల సాయమున మనము నిర్ణయించ వచ్చును. ఇ దుకు గాను మనకు దూరమును గొలుచు నొక కొలతలద్ద 'S' కావలయును. ఇది ఎల్లప్పుడును ఉపయోగపడు నొకస్థిర ప్రమాణము. A, B అనునవి దృఢవస్తువు మీదగల రెండు దత్త బిందువు లయిన యెడల రేఖాగణిత సూత్ర సాంప్రదాయముగ, ఆ బిందువుల రెంటిని కలుపు రేఖా నిర్మాణము చేయగలుగుదుము. ఇక 'A'తో ప్రారంభముచేసి వర్ణాయమునకు 'S' దూరము చొప్పున 'B'ని చేరు వరకుగల వర్ణాయములను లెక్కించ వచ్చును. పరిపూర్తి అగుటకు పట్టిన వర్ణాయముల సంఖ్య A, B మధ్యదూరము యొక్క సంఖ్యా ప్రమాణము. తాడవుల నన్నిటిని కొలుచుటకు కిది మూలపద్ధతి. ¹

ఒకాకొక సంఘటనారంగమునకు గాని, అంతరాళ స్థితమయిన వస్తువుయొక్క ఉనికిగాని సంబంధించిన వ్రతీ వివరణము, అవస్తువుగాని, ఆసంఘటన గాని, ఏకీభవించు. ఒక దృఢ వస్తువు (వివరణ కయిన వస్తువు) యొక్క బిందు నిర్ధారణపై ఆధారపడియున్నది. ఈసూత్రము వైజ్ఞానిక విషయ వివరణములకు మాత్రమే గాక, మన నిత్య జీవిత క్రమమునకును

(1) ఇచ్చట శేష మేమియు లేదని ఉహించితిమి. అనగా కొలత పూర్ణాంకము విచ్చును. విభజించి రడిన కొలతలద్ద మవయోగించుట వలన ఇందలి కష్టము తొలగింపబడినది. దీని ప్రవేశమువలన ముఖ్యమయిన ఒక సూత్రన విధానము అవ సరము లేదు.

వర్తించును. లండను నగరమున "ట్రఫాల్ గర్ స్క్వేర్" ¹ స్థలము యొక్క నిర్దేశమును విడమరచి చూచిన ఈ దిగువ ఫలితములకు వత్తుము. పైనసూచించబడిన స్థలముయొక్క నిర్దేశమునకు, దృఢమైన వస్తువు భూమి యగును. లండనులోని ట్రఫాల్ గర్ స్క్వేర్, పేరొకటే తగలిపబడిన సునిశ్చితమగు బిందువు ఇది అంతరాళములోని సంఘటనతో ఏకీభవిం చును. ²

దృఢమైన వస్తువుల ఉపరితలమునగల "స్థానిక నిర్దేశము" గావించు నపుడు మాత్రమే, ఈ పురాతన విధానము వ్యవహరింపబడును. ఉపరితల మందలి బిందువులలో, ఒకదానినుండి వేరొకదానిని సులభముగ గుర్తించ నగును. బిందువుల అపేక్ష్యము మీద, ఈ ప్రాచీన పద్ధతి ఆధారపడియున్నది. కాని, మనస్థల నిర్దేశ పద్ధతి స్వభావమునకు మార్పుపట్టిల్లకుండా, ప్రాత పద్ధతిలో గల రెండు అవధులను తొలగించు కొనగలము. ఉదాహరణకు "ట్రఫాల్ గర్ స్క్వేర్" మీదుగ ఒక మేఘము తారాడుచున్న యెడల మేఘమును ముట్టగలుగు స్తంభమును, ఆ స్కేవరునందు నిట్ట నిలువగా పాతి. భూమి ఉపరితలమునకు, ఆ మేఘము యొక్క సాపేక్ష స్థానమును మనము నిర్ణయించ గలము. ప్రామాణిక కొలతబద్ధచే, కొలవబడిన ఆ స్తంభము యొక్క పొడవు, దాని ముట్టము యొక్క ఉనికియు కలిసి మనకు పూర్తిగా స్థల నిర్దేశ మొసగును. ఈ ఉదాహరణవలన స్థానము పైగల భావము అంతంతకు ఎంత సున్నితముగ అభివృద్ధి చెందినది మనము గమనింప గలుగుదుము.

(1) మూల గ్రంథమున పాటన్ డామర్ స్లాట్ టే బెర్లిన్ అని సూచించబడినది. ఇంగ్లీషు చదువరులకు, సుపరిచితమని ఈ స్థలమును ఎన్నుకొంటిని.

(2) "అంతరాళములో ఏకీభవించుట" అను ప్రవచనమందలి అంతరార్థమును యింకను లోతుగా అన్వేషించుట యొక్కడ అనవసరము. అచరణకు కొని తెచ్చుటలో అభిప్రాయ భేదములు పుట్టకుండా నమ్మిక కలిగించుటకు చారినంత నిష్పష్టముగా తెలుపుటకు అపొటి సూచనా భావము సరిపోవును.

(ఎ) ఉనికిని నిర్ణయించ వలసిన వస్తువును, నిండు కొలతలు గల దృఢ వస్తువుగ చేయబడినది. ఈ విధముగ స్థాన నిర్దేశమువకయి పేర్కొనబడిన వస్తువును, దృఢవస్తుపూరకముగ ఊహింతుము.

(బి) ఇందు స్తంభము యొక్క పొడవు కొలతలద్వారా కొలువబడినది. కనుక సూచన కయి నియమించు కొనిన వింధువులకు బదులు, వస్తుస్థాన నిర్దేశమునకు సంఖ్యలు వాడుదుము.

(సి) మేళమును అంటునట్లుగ స్తంభమును పాతకున్ననూ, మేళము ఉన్న ఎత్తును గూర్చి ప్రస్తావించుము. భూమియందలి వేరు వేరు స్థలముల నుండి మేళమును దృగ్భ్రంతముల మూలమున పరిశీలించుట వలననూ, క్రాంతి ప్రపాతం దర్శములను లెక్కలోనికి తీసికొనుట వలననూ, మేళమును కాకునట్టి స్తంభము యొక్క యెత్తును మనము కనుగొందుము...

మూచితమయిన, దృఢవస్తువు మీద గుర్తించబడి, పేరిడిన స్థానముల అస్థిత్యముతో మనకు నిమిత్తము లేకుండా చేయుటకయి, కొలతసంఖ్యల సహాయమున స్థాన వివరణము. సాధ్యమయిన యెడల లాభకరముగ మండునని ఈ సమాలోచనల నుండి మనము గమనింతుము. కొలతలతో నిండిన భౌతిక కాస్త్రమున, కాస్టిపియన్ నిర్దేశాంక విధానమును, అమలు జరుపుట వలన, యిది సాధ్యమయినది.

దృఢమైన వస్తువునకు, దృఢముగ అమసంధింపబడి, ఒకదానికొకటి లంబములుగ మూడు సమతలములు ఉండును. నిర్దేశాంక విధానమున, ఘటనా దృశ్యము నుండి మూడు సమతలములకు, గీసిన మూడు లంబ రేఖల పొడవుల ద్వారా, అవగా మూడు నిర్దేశాంకముల (x, y, z) ద్వారా ఘటనా దృశ్యము నిశ్చయింపబడును. ఈ మూడు లంబముల కొలతలు యూక్లిడ్ రేఖాగణితమున ఉన్న సూత్రపద్ధతుల రీత్యా దృఢమైన కొలతలద్వారా కొలచి, నిర్ణయించ వచ్చును.

విద్వేశాంక విధానమున, అంగికములయిన దృఢమైన ఉపరి తల ములు, సాధారణముగ, అచరణయందు, అందు జాటున లేపు, మరియొక విషయము. విద్వేశాంకముల పరిమాణము దృఢమైన కొలతబద్ధ సహాయమున నూటిగా, యథా తథముగ నిర్ణయింప బడలేదు. శౌతిక ఖగోళ శాస్త్రముల ఫలితములు స్పష్టముగ నుండవలెననిన పై సమాలోచనల ననుసరించి స్థాన నిర్ధారణ సాధింప బడవలెను¹.

ఇట్లు మనము, యీదిగువ సారాంశమునకు వస్తుము. అంతరాళమున ఇరుగు సంఘటనల ప్రతి వివరణయూ, అ ఘటనలు సూచించు దృఢ వస్తువు ఉపయోగమునకు లోనయి ఉన్నవి. యూక్లిడ్ రేఖాగణితమున "దూరములగూర్చి నిర్ణయించిన ధర్మములను ఫలిత సంబంధము పాటించును. ఇందు "దూరము" యొక్క శౌతికార్థము దృఢవస్తువు మీద "రెండు గుర్తులు" అను సామ్రావదాయ మేర్పడినది.

(1) ఈ గ్రంథము వందలి రెండవ భాగమునందు గ్రహింపబడిన సార్వత్రిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతముతో మనము వ్యవహరించు వలెకును, ఈ అభిప్రాయము లకు మార్పు, సునిశితత్వము, చేయ అవసరముండదు.

సాంప్రదాయిక యాంత్రిక శాస్త్రమున

కాలము-అంతరాళము

కాలముతోపాటు, అంతరాళమున వస్తువులు తమ ఉనికిని మార్పులను పొందు విధము వివరించుటయే సాంప్రదాయిక యాంత్రిక శాస్త్రము యొక్క ప్రయోజనము. తీవ్రమగు పర్యాయాలలోచన, శివీ సరమగు అర్థవివరణము లేకుండా, యాంత్రిక శాస్త్రము యొక్క అత్యమును ఈ విధముగా మాత్రీకరించిన యెడల వా అంతరాత్మను, పవిత్రమైన ఉద్దేశ్యగ న్యవృత్తకు మూర్ఖుగా మహాపాప భారముతో నింపిన వాడనగుదును, ఈ పాపములు వెలిబుచ్చు ప్రయత్నింతుము.

“ఉనికి” “అంతరాళము” అనిన ఏమనుకోవలయునో విశదముగా లేదు. ఏకగ్రీవిగా ప్రయాణము చేయుచున్న రైలుపెట్టె యొక్క కిటికీ వద్ద నిలిచి, విసరకుండా, రైలుకట్ట మీదికి ఒక రాతిని వారవిడిచితివి. గాలియొక్క నిరోధక ప్రభావమును పరిగణించకున్న, ఆరాయి, సరళ రేఖామార్గమున కట్టమీద పడుట గమనించును. కాలి కాటను పడి నడచి నచ్చు, ఒకడు, ఆ కావి పనిని పరీక్షించిన, ఆరాయి పరవలయ వధమున భూమిపై పడుట గమనించును. రాయి పయవించిన స్థానములు వాస్తవమునకు, సరళరేఖమీద నుండునా? లేక పరవలయ వక్ర రేఖపై నుండునా? అటుపై ‘అంతరాళమున’ చలనము అనిన అర్థమేమి?

గత ప్రకరణము నందలి సమాలోచననుండి, దానికి సమాధానము న్యయంద్యోతకము. ఈ పర్యావ్రము అంతరాళమును గురించిన భావన యేర్పరచు కొనజాలని, మనము అంతరాళమును ఆస్పష్టములున పదమును ముందుగ వివర్ణింతుము. తత్స్థానే, “దృఢ మౌలిక వస్తువువకు

సాపేక్షముగా చలనము" అనుపదము నుంతుము. గత ప్ర రణమున, నవిస్తరముగ, సూచిత వస్తువు [రైలు పెట్టెలక రైలు కట్ట]నకు సాపేక్షముగ నుండిన స్థానములు నిర్వచింప బడినవి. గతక శాస్త్రీయ వివరణమునకు ఉపయోగకరమగు అభిప్రాయమున "సూచిత వస్తువు" స్థానే "నిర్దేశకాంక విధానమును" జొప్పించిన యెడల, మనమిట్లు చెప్పగల స్థితి యందుండుము. రైలుపెట్టెతో దృఢాను బంధము కలిగిన, ఒక నిర్దేశకాంక విధానమునకు, సాపేక్షముగా, సరళరేఖ మార్గమున రాయి పోవును. కాని భూమితో (రైలుకట్టతో) దృఢాను బంధము కలిగిన ఒక నిర్దేశకాంక విధానమునకు సాపేక్షముగా, ఆరాయి పరవలంబమును చుట్టును. ఈ ఉదాహరణ సహాయమున వక్రపథము¹ అను నది స్వేతంత్రముతో కూడినదికాదు. కాని ఒకానొక సూచిత వస్తువునకు సంబంధించి మాత్రము ఉండునని స్పష్టముగ కనుగొన బడినది.

చలనము యొక్క పూర్తి వివరణము పొందుటకుగాను 'కాలముతో పాటు, వస్తువు తన ఉనికిని ఎట్లుమార్పులందుకొను చున్నదీ, మనము నిర్ణయింప వలయును అనగా వక్ర పథము నందలి ప్రతి బిందువు యొద్దను వస్తువు ఏకాలమున అక్కడ నెరిగొని యున్నదీ, నిర్వచింప బడవలయును. ఈదత్తాంశములు కాలమును నిర్వచించుట వలన పరిపూరింపబడవలయును. అ నిర్వచనము ప్రకారము, పరిశీలనకు శక్యము లయిన, పరిమాణములుగ కాల మూల్యములు లెక్కింపవచ్చును. మనము సాంప్రదాయిక యాంత్రిక శాస్త్ర సీమను నిలికడ స్థానముగ గొవిన యెడల మన ఉదాహరణకు వలసిన దానిని, మనము ఈ దిగువ విధమున సమకూర్చ గలుగుదుము. సారూప్యములయిన రెండు గడియారములు కలవని ఊహింతుము అందొకదానిని రైలు పెట్టె యొక్క కిటికీ వద్దనున్న మనిషియూ, రెండవ దానిని కాలికాటను వచ్చుమనిషియూ పట్టుకొనియున్నారు. చేతపట్టుకొనియున్న గడియా

(1) అనగా, వస్తువు కలించు చున్న వక్రమార్గము.

రముయొక్క "ప్రతి సెకండు శబ్దము"నకు తన నూచిత వస్తువుమీద రాయి
అక్రమించిన స్థానమును అపరిశీలకులు ప్రతియొకరునూ నిశ్చయింతురు.
ఈ సందర్భమున కాంతి ప్రసార నియమితగతి, పరిమితి కలిగియుండుట
వలన ఏర్పడు వ్యత్యాసములను లెక్కకు కొనలేదు. ఈ చిక్కు, దీనితో
జతపడిన రెండవ చిక్కును గూర్చియు, సవిస్తరముగా ముమ్మందు
వివరింతుము.

గెలిలియన్ విధానపు నిర్దేశాంకములు

"జడత్వ సూత్రము" అని తెలియబడిన గెలిలియో న్యూటన్ ల యాంత్రిక శాస్త్రీయ సూత్రమును సువిదితమైన విధమున ఇట్లు నిర్వచింపవచ్చును. ఇతర వస్తువులనుండి తగినంత దూరమునకు తొలగింపబడిన వస్తువు నిశ్చలతా స్థితినిగాని, సరళ రేఖామార్గమున, ఏకరీతిగా చలనస్థితిని గాని పొందియుండును. ఈ సూత్రము వస్తువుల చలనము గురించి కొంచెముగ తెలుపుటయే కాక, యాంత్రిక వివరణములకు ఉపయోగింపబడు, సూచిత వస్తువులను లేక యాంత్రిక శాస్త్ర సమ్మతమైన నిర్దేశాంక విధానములను గురించి కూడ సూచించును. జడత్వ సూత్రమునకు మిక్కిలి ఊజ్జాయింపున పరిపడు వస్తువులు దృగ్గోచరములగు స్థిరనక్షత్రములు. భూమితో దృఢాను బంధము కలిగినట్టి, నిర్దేశాంక విధానమును మనము ఉపయోగించిన యెడల, అప్పుడు ఈ విధానమునకు సాపేక్షముగ, సుదీర్ఘమయిన అర్థ వ్యాసముతో, ప్రతిస్థిర నక్షత్రము ఖగోళ దినప్రయాణముతో ఒక వృత్తమును చుట్టును. ఈ ఫలితము జడత్వ సూత్ర నిర్వచనమును ప్రతిఘటించును. ఈ సూత్రమునకే మనము అంటి పెట్టుకొని యుండిన వృత్తాకారమున స్థిరనక్షత్రములు చలించని, ఒక నిర్దేశాంక విధానమునకు సాపేక్షముగా నుండు విధానములతో మాత్రమే ఈ చలనములను మనము సూచింప వలయును. ఒక నిర్దేశాంక విధానమునకు సాపేక్షముగా, జడత్వ సూత్రము పరిపడునట్లు చలనస్థితినున్నచో, అనిర్దేశాంక విధానము గెలిలియో నిర్దేశాంక విధానమని పిలువబడును. గెలిలియో, న్యూటనుల యాంత్రిక శాస్త్రనియమములు, గెలిలియన్ విధానపు నిర్దేశాంకములకు మాత్రమే వర్తించునవిగ పరిగణింప బడవలయును

సాపేక్షతా సూత్రము

(పరిమితార్థమున)

సాధ్యమయినంతలో విషయము స్పష్టతముగా గావించు నిమిత్తమై, ఐదు వేగముతో ప్రయాణము చేయుచున్నట్లు అనుకొన్న మన రైలు పెట్టె ఉదాహరణమునకు మరలుదుము. దాని చలనమును మనము ఏకరూపక స్థలాంతర గతి అందుము. [అది ఏకరూపము. అనగా అవి ప్రయాణము చేయు దిశయూ, గతివేగము స్థిరములు. అది స్థలాంతరగతి-పరిచయ రైలు కట్టకు సాపేక్షముగ ఉన్న స్థానము మారిపోవుచున్నప్పటికిని. అట్లు చేయుటలో అది పరిభ్రమింపదు] రైలు కట్టనుండి పరిశీలించునపుడు ఐదు వేగముతో సరళరేఖా మార్గమున ఉండునట్లుగా, గాలిలో ఒక మాలకాకి ఎగురుచున్నట్లు ఊహింతుము. చలనమునందున్న రైలుపెట్టెనుండి ఎగురుచున్న మాలకాకిని, పరిశీలించిన, అమాలకాకియొక్క చలనగతి ధిన్నదిశాగతి వేగముల నున్నట్లు కనుగొందము. అయినను అది ఏకరూప సరళ వేగముతో నుండును. సామాన్యాయాత్రిలో దానిని మన మట్లు నిర్వచించవచ్చును. K నిర్దేశాంకమునకు సంబంధించి 'గ' ద్రవ్యరాశి ఏకనమ వేగముతో సరళరేఖా మార్గమున చలించుచున్నయెడల, K కి సంబంధించి ఏకరూప స్థలాంతరగతి గల చలనముగల మలీయొక నిర్దేశాంకముగ K' నడచుచున్న, రెండవ నిర్దేశాంకమయిన K కు సాపేక్షముగాకూడ, అద్రవ్యరాశి ఐదు వేగముతో, సరళరేఖా మార్గమున సాగిపోవుచుండును. గత ప్రకరణము నందలి, చర్చానుగుణ్యముగ, యీ విధముగ దీనిని వ్యక్తపరచవచ్చును.

'K అనునది గెలిలియస్ పద్ధతి నిర్దేశాంకమయినయెడల, దానికి సాపేక్షముగ, తదితరమగు, ప్రతియొక్క నిర్దేశాంకము 'K', స్థలాంతర

గతికముగు ఏకరూపక చలన స్థితినున్నపుడు ఆ K' నిర్దేశకాంకము గెరిలియన్ వద్దతిఁ చెందిన నిర్దేశకాంకమగును. K కి న బంధించి గెరిలై - మ్యాటనుల యాంత్రిక కాస్త్రసూత్రములు వర్తించునట్లుగ నే, అవి సాపేక్షముగ K' కు పరివడును.

ఆ సిద్ధాంతము నిట్లు వెలువరించునపుడు, దానిని సార్వత్రిక మొనరించుటలో యింకొక అడుగు ముందునకు వేయుదుము K కు సాపేక్షముగ, పరిభ్రమణగతి లేకుండా ఏకరూపున చలించు నిర్దేశకాంకము K' అయిన యెడల K' కు సంబంధించిన స్వాభావిక దృశ్యములు, K కు సంబంధించి, అనుసరించిన సార్వత్రిక సూత్రము లకు కట్టబడియుండును. ఈ నిర్వచనము పరిమిత సాపేక్షత సిద్ధాంత మూల సూత్రముగ పేర్కొనబడు చున్నది.

సాంప్రదాయక యాంత్రిక కాస్త్రము వలన, స్వాభావిక దృశ్యములు సూచించబడుటకు నీలగునని నమ్మకము చిక్కినంత వరకునూ, సాపేక్షతా సిద్ధాంతముయొక్క కాస్త్రవికలను సంశయింప వలసిన అవసరము ఉండదు. విద్యుత్ గతి కాస్త్రము యొక్కయూ, తేజకాస్త్రము యొక్కయూ, ఇటీవల పురోచివృద్ధిని కాంచిన, భౌతిక దృశ్యముల కన్నిటికిని, భౌతిక వివరణములకుగాను, సాంప్రదాయక యాంత్రిక కాస్త్రము చాలినంత ఆధార మివ్వదని అంతకంత ఎక్కువగా, స్పష్టమయ్యెను. ఇప్పుడు సాపేక్షతా మూల సిద్ధాంతము యొక్క సామాంశస్యమును గుఱించిన చర్చకు సమయమాసన్న మయ్యెను. ఈ ప్రశ్నకు వ్యతిరేక సమాధానము వచ్చుట సమంజసము కాదని తోచును.

అయినప్పటికి, సాపేక్షతా మూల సిద్ధాంతముయొక్క కాస్త్రవికలకు అనుకూలముగ, మునుముందుగనే, తెలుపవలసిన రెండు సామాన్య సంగతులు గలవు. భౌతిక దృగ్గోచర విషయముల నన్నిటికిని, చాలినంత విరివిగా సైద్ధాంతిక వివరణ సదుపాయము, సాంప్రదాయక యాంత్రిక

కాస్త్రము కలిగించక పోయినప్పటికిని, దానిలో గణనీయమయిన సశక్తియు కలదని గ్రహించేవచ్చును. ఏలనన, ఖగోళరాసుల చలనములగూర్చి, కచ్చి కములైన వివరణములను, ఆశ్చర్యము కలుగజేయువటుల అవి మనకు నమకూర్చెను అందుచేత సాపేక్షతా మూల సిద్ధాంతము, యాంత్రిక కాస్త్రమున, కచ్చితమయిన ఫలితముల నిచ్చుటకు వినియోగ వడవల యును. కాని అంత పెద్దపెట్టున, సార్వత్రికమగు మూల సిద్ధాంతము ఒక దృశ్య మండలమునకు కచ్చితమున సరిపడుచూ, మరియొక మండలమునకు సరిపడకున్న, అది సమంజసము కాదేమో అనిపించును.

విషయ వివరణమునకు, ఇటుపిమ్మట మరల రావలసియున్న, రెండవ కారణమును అనుసరింతము. పరిమిత సాపేక్షతా మూల సిద్ధాంతము సరి పడని యెడల, పరస్పరము సాపేక్షముగ ఏకరూపమున చలించుచున్న, K, K', K'', \dots కాగల గెలిలియన్ నిర్దేశాంక విధానములు. భౌతిక దృగ్గోచర విషయ వివరణములకు, కుల్య పరివ్రజదములు కానేరవు. గెలిలియన్ నిర్దేశాంక విధానములకు సాధ్యమగు నన్నింటియందునూ, ఒకా నొక విశిష్ట చలనస్థితికన్న K_0 సూచిత వస్తువుగ, మనము ఎన్నుకొన వలసి యుండుననే ప్రథమమిద సూత్రము. ఒకానొక విశిష్టమయిన సులభ తీర్మాని, భౌతిక సూత్రముల సూక్తికరింపబడ జాలునని నమ్మకమునకు. మనమి సందర్భమున కట్టువడి యుండవలయును. భౌతిక దృగ్గోచర విషయ వివరణమునకు కలిగిన యోగ్యతల కారణమన, ఈ విధానము తేవలము నిశ్చలతనున్నదనియూ, తక్కిన గెలిలియన్ నిర్దేశాంక విధాన ములు K చలనమున నున్నవనియూ మనము అనుట సమంజసమే అగును. ఉదాహరణకు, మన రైలుకట్ట K_0 విధానమున నుండిన యెడల K_0 విధా నపు సంబంధముతో కంటెనూ, సులభాతి సులభ తరములగు సూత్రము లకు పరిపడు K విధానము మన రైలుపెట్టెయగును K_0 కు సంబంధించి. K విధానపు రైలుపెట్టె (వాస్తవముగా) చలనమున నుండట తమిత

సౌలభ్యమునకు కారణమై యుండును. K కు సంబంధించి, సూత్రీకరింపబడిన సాగ్యత్రిక భౌతిక సూత్రములలో, రైలుపెట్టెయొక్క సరళ వేగము (Velocity) సాగుదిశయూ, ప్రముఖపాత్ర వహించును. ఒక పిల్లన క్రోచి అడుమురైలు చనుదిశకు లంబముగ నుంచబడినపుడు వెలువడు స్వరము, పిల్లన క్రోచి ప్రయాణ దిశకు అడుము సమాంతరముగ నున్నపుడు వెలువడు స్వరమునకు భిన్నముగ నుండునని మనము ఆశంపపచ్యును. సె నుకు సుమారు 30 కి. మీ. సరళ వేగముతో ప్రయాణము చేయుచున్న రైలు పెట్టెతో సూర్యుని చుట్టియున్న కక్ష్యయందు చలించుచున్న భూమిని పోల్చవచ్చును. సాపేక్షతా సిద్ధాంతమే, అసత్యమయిన యెడల, ఏదో ఒక సమయమున, భూమియొక్క చలనదిశ, భౌతిక సూత్ర పరిధులలో ప్రవేశించుననియూ, భౌతిక విధానములు తమ ప్రవర్తనయందు, భూమికి సాపేక్షముగా, అంతరాళమున వాటి అభిస్థాపన మీద ఆధారపడి యుండునని మనము ఆశంపదగును. ఒక సంవత్సరములో, మార్గమునందు భూమి పరిభ్రమణగతి వేగము, చనుదిశ, మారెడు కారణమున, సవత్సరము పొడవునా, పరికల్పిత K_0 విధానమునకు సాపేక్షముగా భూమి నిశ్చలత నుండజాలదు. అయినప్పటికి, పార్థివ భౌతికపు అంతరాళమున అట్టి విషమదిశ ధర్మములను (అనగా వివిధ దిశలయందు ధర్మములు అసమతుల్యతను కలిగియుండుట) అతి జాగ్రత్తతో సల్పిన పరిశీలనలు ఎన్నడును బయల్పరచలేదు. ఇది సాపేక్షతా సిద్ధాంత మూలమునకు అనుకూలముగు మిక్కిలి బలీయమైన వాదాంశము.

సాంప్రదాయిక యాంత్రిక శాస్త్రమున

సరళ వేగముల సంకలన సిద్ధాంతము

మన ప్రాథమిక మిశ్రమము, రైలుపెట్టె, స్థిరమైన సరళవేగము "v" తో వట్టలమీదుగా ప్రయాణముచేయుచున్నట్లునూ, ఒకమనిషి, రైలుపోవు దిశాముఖముగా, 'u' సరళవేగముతో పెట్టె పొడవునా నడచుచున్నట్లునూ అనుకొందము. ఎంత శక్తిరగా, లేక, ఇంకొకమాటలలో, రైలు కట్టకు సాపేక్షముగా ఎంత సరళవేగముతో-(W)తో-చునిషి నడచును? అందుకు సరియగు సమాధానము ఈదిగువ సమాలోచనమువలన లభింతును. కదలకుండా ఆ మనిషి రైలు పెట్టెలో ఒక సెకను నిలిచిన యెడల, పెట్టె యొక్క సరళ వేగమునకు సమానమగు 'v' దూరము గుండా రైలు కట్టకు సంబంధించి అతడు పురోగమించ గలుగును. అయినప్పటికి అతని రైలు పెట్టెకు సంబంధించిన నడక ప్రతిఫలముగా, తన్నూలమున రైలు కట్టకు సంబంధించి సెకనులో 'W' దూరము అదనముగ నడచును. ఇందు 'W' దూరము అతడు నడచుచున్న సరళవేగమునకు సంఖ్యలలో సమానము. ఇట్లు అనుకొనిన సెకనులో రైలు కట్టకు సంబంధించి, $W = v + u$ దూరము మొత్తము మీద కూడదీయును. సాంప్రదాయిక యాంత్రిక శాస్త్రమునందు వినియోగింప బడిన సరళవేగ సంకలన సిద్ధాంతమును తెలియ పరచునట్టి ఈ ఫలితము నిలువ జాలదని మనము తరువాత గమనింతుము. అదేవేరు మాటలలో ఇంతకు పూర్వము మనము వ్రాసియుంచిన నూత్రము వాస్తవమునకు సరిపడదు. అయినప్పటికినీ, తాత్కాలికముగ, అది నిర్దుష్టము అని గ్రహింతుము.

సాపేక్షరా నిర్ధారములో స్థూలదృష్ట్యా కాంతి ప్రసారణ నియమము నరిపడకపోవుట

“కూన్య స్థలమున కాంతి ప్రసారితమగును” అన్న మాత్రము కన్న మించిన సామాన్య మాత్రము తొలికా కాన్త్రీమున మఱియొకటిరేదు. “ఈ ప్రసారము సరళరేఖ మార్గమున $C = 3000,000$ కి మీ సెకనుకు అయిన వరకేగము లో పోవును.” అను విషయము ప్రతి విద్యార్థికి తెలియును. తేర తెలియునని నమ్మును. ఈ కాంతి సరళ రేగము అన్నిరంగులకును. ఎల్లసంపుటనల యందునూ ఒకటే అని మనకు కచ్చితముగ తెలియును. ఎందు లేతవడగా, అటులకాదున్నచో, స్థిత వక్షత్రము తన సామీప్యమున గల బిల్లిటి వస్తువులే గ్రహణము చెందునపుడు, అన్ని వర్ణముల ఉర్ణమనము గోచరితము కావించును. అటు వక్షత్రముల అధారముగ గొని శరీరిన పొగించిన, కాన్యక సమాలోచన మూలమున డి సిట్టర్ అను ఖగోళవేత్త కాంతి ఉర్ణవల మెనప్పు వస్తువు చలన గతి రేగముమీద, కాంతి ప్రసార సరళ రేగము, అధారవడదని చూపించ గలిగెను. స్థలములోని దిశమీద ప్రసార సరళ రేగము అధారవడియున్నది అను కల్పనయే అవంధవము.

మాట వడునకు, కూన్యమున కాంతి సరళ రేగము ‘ఓ’ స్థితము అను సామాన్య మాత్రమును విద్యార్థి విశ్వసించుట సమర్థించ తగినదే అను కొందము. అంతకుకూడాలోచన దం తొలికా కాన్త్రీవేత్తను. ఈ సామాన్య మాత్రము వైజ్ఞానిక క్లిష్ట కలిస్థిగుల ముంచునని అవ్వకూపాంతురు? ఈ క్లిష్ట పరిస్థితులు ఎట్లు ఏర్పడినది గమనించము.

కాంతి ప్రసార క్రమమును (నదితరమగు క్రమములవలె) ఒక దృఢ మైన వస్తువనకు లేక నిర్దేశకాంత విరావమునకు, అను సంబంధించి గమనించ

వలెను. రైలు కట్టను అటువంటి విధానముగ ఎన్నుకొందము దానిపై భాగమునగం గాఁని తీసివేయబడినట్లు ఉపాంతము. రైలు కట్టమీదుగా ప్రసరింప చేయబడిన కిరణము. రైలుకట్టకు సాపేక్షమున 'c' సరళవేగముతో పోవునని, మనము మీది విషయమునుండి గమనింతుము కాంతి కిరణము పోవు దిక్కుననే, అంతకుమించివ తక్కువ వేగము 'b'తో, మరల మన రైలుపెద్దై కట్టమీదుగా ప్రయాణము చేయుచున్నదను కొందము. రైలుపెద్దైకు సాపేక్షముగ కాంతి కిరణ ప్రసారణ సరళవేగము గూర్చి తీర్మాన గావించము. సాపేక్షముగ బదిపోవుచున్న మనిషియొక్క పాత్రను కాంతి కిరణము వహించుచున్నది కనుక గత ప్రకరణమునందలి ఫలితాంశమును ఈ విషయమునకు అనువర్తించవలెయు నగునని స్పష్టపడును. రైలు కట్టకు సాపేక్షముగ మనిషియొక్క 'b' సరళవేగము స్థానే, రైలుకట్టకు సాపేక్షముగ కాంతి సరళవేగము ఇక్కడ ప్రతిక్షేపింపబడినది. రైలుపెద్దైకు సంబంధించిన 'b' కాంతి సరళవేగము మనకు కావలయును. ఫలితము $b \div c - b$ అను సమీకరణము వలన మనకు తెలియును. ఈ విధముగ రైలుపెద్దైకు సాపేక్షముగ, కాంతి కిరణ ప్రసారణ సరళవేగము 'c' కన్న తక్కువ వచ్చును.

కాని ఈ ఫలితము, అయిదవ ప్రకరణమునందు, ఉదహరించిన సాపేక్షతామూల సిద్ధాంతముతో విచారమునుగొని తెచ్చును. ఏలనన, ప్రతి భౌతిక సామాన్య సూత్రము వలెనే, సాపేక్షతా సిద్ధాంతానుసారము, కూన్యమున కాంతి ప్రసారణ సరళవేగము, సూచిత వస్తువు రైలుపెద్దై అయిననూ, రైలుకట్ట అయినను ఒకే అయి యుండవలయును. కాని, పైవిచారణ ఫలితాంశమునుండి, ఇది అసాధ్యముగ కనిపించును. 'c' సరళవేగముతో, రైలుకట్టకు సాపేక్షముగ, ప్రతి కాంతి కిరణము ప్రసరింప చేయబడిన యెడల, ఈ కారణము వలన, రైలుపెద్దైకు సంబంధించి వేరే సూత్రము బద్ధ మొనర్పవలసి యుండునట్లు కనిపించును. ఈ ఫలితము సాపేక్షతా మూల సిద్ధాంతమునకు వ్యతిరేకము.

ఈ సందిగ్ధస్థితిని, అవలోకించిన, అటు సాపేక్షతా సిద్ధాంతమునో, అటు కూన్యమున, కాంతి ప్రసారణకు సంబంధించిన సులభ సూత్రమునో, విడనాడుటకన్న గత్యంతరము లేనట్లు కనిపించును. సాపేక్షతా సిద్ధాంతము సహజము. సులభ ప్రాయము, కనక, బుద్ధికి విశ్వసనీయముగ తోపించును. అందుచే, పూర్వపు చర్చలను శ్రద్ధగ అనుగమించుచూ, వచ్చుచున్నట్టి మీరు, ఇంచు మించు తప్పక, సాపేక్షతా సిద్ధాంతమును నిలబెట్టచూకురు. అప్పుడు, కూన్యమున కాంతి ప్రసారణ సూత్రముస్థానే, సాపేక్షతా మూల సిద్ధాంతమునకు అంటియుండు క్లిష్టతర సూత్రము ప్రతిష్ఠింప బడవలసి వచ్చును. అయినప్పటికి సైద్ధాంతిక భౌతిక కాస్త్రవిశాళము ఈ పద్ధతి అనుసరణీయము కాదని చూపించును. చలన వస్తువులకు సంబంధించిన, విద్యుత్ గతికాస్త్రపు తేజో కాస్త్రపు, దృష్టిషయములమీద, పౌ-చ్.ఎ. లారెన్ట్ తో, సాగించిన యుగనిర్మాణాత్మక ములయిన, సైద్ధాంతికాన్వేషణలు "కూన్యమున కాంతి పరకభేగ స్థిరతానియమము ఫలితాంశముగ నుండిన విద్యుదయస్కాంత సిద్ధాంతమునకు ఆవశ్యకమని త్రోవచూపినవి. సాపేక్షతామూల సిద్ధాంతమునకు వ్యతిరేకమైన అనుభవ పూర్వక దత్తాంశము వాస్తవముగా కానరానప్పటికిని, సాపేక్షతామూల సిద్ధాంతమును త్రోసిపుచ్చుటను, ప్రముఖ సైద్ధాంతిక భౌతిక కాస్త్రవేత్తలు మొగ్గుదల చూపిరి.

ఇట్టి క్లిష్ట సమయమున సాపేక్షతా సిద్ధాంతము రంగమున ప్రవేశించెను. కాలము, స్థలము, గురించిన భౌతిక భావనా విశ్లేషణ ఫలితాంశము అనుసరించి సాపేక్షతా సిద్ధాంతమునకు, కాంతి ప్రసారణ సూత్రమునకు వదుమ, అసందిగ్ధత, వాస్తవముగ, ఈ షణ్మాత్రమూ లేదనియు, ఈ ఉభయ సూత్రములను సక్రమ పద్ధతిని దృఢముగ బద్ధముచేసి, తార్కికానుగుణ్యమయిన సిద్ధాంతమును సృజింపవచ్చునని స్పష్టమయ్యెను. మునుముందు వ్యవహరింపబోవునట్టి సాంప్రదానిక సిద్ధాంతము నుండి వేరుగా దీనిని

స్థూలదృష్ట్యా కాంతీప్రసారణ నియమము సరిపడకపోవుట 21

గుర్తించుటకుగాను, ఈ సిద్ధాంతము సాపేక్షతా సిద్ధాంతమని పేర్కొనబడినది.

ఈ దిగవ పుటలలో, విశ్వ సాపేక్షతా సిద్ధాంతము యొక్క ప్రధానాభిప్రాయములను వెలిబుత్తుము

భౌతిక శాస్త్రమున “కాలము” యొక్క భావన

రైలుకట్టమీద, పరస్పరము చాల దూరముననున్న A, B అను రెండు స్థలముల దగ్గర, రైలువట్టాలవయి మెలుపు మెరసెను ఆ మెలుపు యొక్క మిలమిలలు “రెండు స్థలములయొద్ద ఒకే కాలమున మెరసెను”, (యుగపత్ కాలికములు) అని చెర్చి దానికి ప్రవచనము చేతును. “ఈ ప్రవచనమున ఏమయిన భావమున్నదా” అని మిమ్ము అడిగిన యెడల, నిశ్చయముగ “ఉన్నదని” శాస్త్రజ్ఞకు మీరు సమాధాన మొసగుదురు. కాని “ఆ ప్రవచన భావమును, సూటిగా విడమరచి చెప్పుకు” అని విన తతో మిమ్ము కోరిన యెడల ఈ ప్రశ్నకు ఉత్తరము, కొంచెము నిదానించిన పిమ్మట, ఇది మొదటి చూపున కనబడినంత సులభమైనది కాదని మీరు కనుగొందురు.

బహుశా, కొంత సేవయిన తరువాత, యీ దిగువ సమాధానము మీకు స్ఫురించవచ్చును. “ప్రవచన ప్రాముఖ్యత స్పష్టము. మరింత అర్థ వివరణము అవసరము. కాని ఈ రెండు సంఘటనలు వాస్తవిక సందర్భమున యుగపత్ కాలమున జరుగునా? లేదా? అని పరిశీలనా పూర్వకముగ నిశ్చయింపుడని నన్ను వినయోగించిన యెడల, కొంచెము సమాలోచనము కావలయును”. ఈ దిగువ కారణమున పై సమాధానముతో తృప్తిపడ జాలను. నిపుణుడైన వాతావరణ శాస్త్రజ్ఞుడు, ఎవరయిననూ, తన కుశాగ్రణుత్తికి ఫలితముగా, A, B స్థలములందు ‘యుగపత్ కాలమున’ మెలుపుమెలయగలదు అని కనుగొనినట్లు ఊహించిన యెడల, ఆ సిద్ధాంత ఫలితము, శాస్త్రవేత్తలకు, అనుగుణ్యముగ ఉన్నదా? లేదా? అని పరిశీలించ వలసిన మహాత్కార్యము నెదుర్కొనవలసి యుండును. “యుగపత్” భావన పాత్రవహించు ఎల్ల భౌతిక ప్రవచనములందుననూ ఈ చిక్కు

మనకు ఎదురగును. 'భౌనూ' 'కాదూ' ఇద మిథ్యము పూర్తిగ తేలు
వరిశోధనను అవకాశము అభ్యసించునంత వరకు. భౌతిక శాస్త్రవేత్తకు
ఆ భావన స్థితముకాదు. ప్రస్తుతపు సందర్భమున, మెలుపు యొక్క రెండు
మిలిమిలలూ యుగవత్ కాలమున తటస్థించి¹డి. లేనిది ప్రయోగ పూర్వక
ముగ, అతడు నిశ్చయింప గలుగుట విధానమున "యుగవత్ నిర్వచనము"
సమకూర్పగలుగునట్లు నిర్వచనము కావలయును. ఆ కల్పింపబడిన సదు
పాయము సత్యప్రకరముగా లేనంత వఱకునూ "యుగవత్" ప్రవచన
మునకు అర్థమేదో అంటగట్ట గలిగితిని నేను ఊహించినయెడల, భౌతిక
శాస్త్రవేత్తగా నన్ను నేను మోసగించు కొనుటకు పాల్పడిన చాడనగుదును
[నేను భౌతిక శాస్త్రవేత్తను కావచ్చుటకిని అనూత్రము అవశ్యము వర్తిం
చును]. [ఈ విషయమై పూర్తిగా నమ్మకము చిక్కించుకొను వఱకున్నా,
ముందునకు సాగకలదని పాఠకునకు తెలుపుదును.]

ఈ విషయముమీద, కొంత సేపు విచారణ చేసిన పిమ్మట, "యుగ
వత్" శోధించుటకుగాను, ఈ దిగువ సూచనను మీరు అడియుదురు.
రైలు పట్టాల వెండి కొలుచుచూ, A, B లను కలుపు శేఖ పొడవును
కొలవవచ్చును. A, B దూరపు మధ్య బిందువువద్ద ఒక వశీలకుని నిలువ
నగును. ఒకే కాలమున A, B రెండు స్థలములను కన్నార పరిశీలించుటకు
అనువైన గన్నాహమును (ఉదాహరణ- 900 కోసుముతో గూడిన రెండు
దర్పణములు) పరిశీలకుని చేతికియవలెను. మెలుపుయొక్క రెండు మిలి
మిలలను పరిశీలకుడు ఒకే కాలమున చూడగలిగిన యెడల అప్పుడవి
"యుగవత్" స్థితములు.

ఈ సూచన సంతోషజనకమే. కాని విషయము పూర్తిగ వ్యక్త
పడినదని నేను పరిగణింపజాలను. ఏలనన, ఈ దిగువ అభ్యంతరము లేవ
దీయవలసి వచ్చివది. "B → M" మీదుగా చను సరళ వేగముతో A → M
పొడవుననూ కాంతి ప్రయాణము చేయునని M యొద్దనున్న పరిశీలకుడు

చూడగలుగు విధానము నేను తెలిసికోగలిగినపుడే మీ నిర్వచనము తప్పకుండా సరియైనది అగును. కాని కాలమును కొలువనగు సాధనము, ఇంతకుముందే మన ఆధీనమున నున్నపుడే ఈ పరి కల్పన పరీక్ష సాధ్యమగును. ఇండ్ల పిదో ఒక తక్కు వృత్తములో మనము పరిభ్రమించుచున్నట్లు కనిపించును. మరింత సమాలోచన పొగించిన విధప, అదో విధమైన తిరస్కార పీఠాములు[వ్యాయనమ్మకమే] నావయి ప్రసరింతురు. ఇట్లు ప్రకటింతురు. "అయినప్పటికీ నేను నాపూర్వ నిర్వచనము నే నిలుపుదును. ఏలనన, వాస్తవమున కాంతినిగూర్చి అది అంతగ పట్టించుకొనదు. "యుగపత్" నిర్వచనము గూర్చిచేయ వలసివడి, అనుగవఃసినది ఒక్కటి మాత్రమే ఉన్నది. అనగా, నిర్వచించవలసియున్న భావము పూర్తిగా వివరింపబడినదా లేదాఅను విషయమునకు, సంబంధించిన నిర్ణయము. ప్రతి వాస్తవిక విషయ సందర్భముననూ అది సమకూర్చ వలయును. అడిగిన దానికి, నేనిచ్చిన నిర్వచనమునకు సరిపోవుట నిర్వివాదము. $B \rightarrow M$ మార్గమున ప్రయాణము చేయుటకు పట్టు కాలమే $A \rightarrow M$ మార్గమున ప్రయాణము చేయుటకున్న కాంతికి కావలయును. అనునది "యుగపత్" నిర్వచనము సంకరించుట కయిన నాకల్పనము. అంతకు మించిన, వాస్తవమున కదికాంతియొక్క భౌతిక స్వభావము. ఒక ఊహాయూహాదు. పరికల్పనాకాదు.

ఒక్క రెండు సంఘటనలకు మాత్రమే కాకుండా, సూచిత వస్తువునకు (ఇక్కడ రైలుకట్టకు) సంబంధించి స్వసంత్రములగు దృశ్యసాధనములు కలి కోరుకొనినన్ని సంఘటనలకు సరియైన అర్థము వొసగుటకయి ఈ నిర్వచనము ఉపయోగించ నగునను విషయము స్పష్టమగును¹. ఈ విధ

(1) 'A' సంఘటనకు 'B' సంఘటనయ, 'B' సంఘటనకు 'C' సంఘటనయ యుగపత్ కాంతిములు (యుగపత్ నిర్వచన భావమున) అగునటుల చేర్చేరు స్థలములందు. A.B.C అనుకూడు సంఘటనలు పంథవించినపుడు, AC అను సంఘటనల ఇంటకు కూడా "యుగపత్" లక్షణము పరిపోవుననియూ మనము ఊహింతుము. ఇట్లునుకొనుట కాంతి ప్రసారణ సూత్రము గూర్చిన ఒక భౌతిక పరికల్పనము కూన్యమున కాంతి పరకవేగ స్థిరత్వ సూత్రము నిలబెట్టవలెన్న. ఇది (అపరికల్పకము) కూడా అవశ్యమూ, పూర్తిగా వెరవేర్పండవలెను.

ముగ మనము భౌతిక శాస్త్రమున "కాలము" యొక్క నిర్వచనమునకు కూడా తీసికొని పోవడుదుము.

ఈపనికిగాను, తెలుమార్గమున (నిర్దేశకాంక్ష విధానము) A, B, C, లిందువులయొద్ద సర్వసామాన్య నిర్మితిగల మూడు గడియారములు ఉంచబడినవనియు, వాటియొక్క ముఖ్య (సూచికలు) పై భావముతో యుగపత్ కాలము సూచించు స్థానముల నుండునట్లుగనూ ఊహితము. ఈ పరిస్థితుల యందున, ఆ గడియారములలో, ఆ సంఘటన జరిగిన (స్థలమున) కావునకు అత్యంత సన్నిహితమై యున్నగడియారము సూచించు అంత ప్రమాణము. (ముండ్లయొక్క ఉనికి) ఒక సంఘటనయొక్క కాలమగునని మనకు బోధపడును ముఖ్యముగా పరిశీలనకు సాధ్యమయిన ప్రతి సంఘటనతో ఈవిధముగా కాలమునకు విలువ జతకూర్చబడినది కాదని. అటువలెక సాక్ష్యములేకుండా, ప్రామాణ్యము గురించి సందేహింపరాని భౌతిక ప్రతికల్పనము కూడా ఒప్పందమున కలిగియున్నది. సర్వసామ్య నిర్మితిగల వసుటలో గడియారములన్నియు ఒకేరేటున పనిచేయునని ఊహింపబడినది. ఇంకనూ కచ్చితముగ తెలుపవలెననిన, ఒక సూచిత వస్తువునకు తిన్న తిన్న స్థలములందు నిశ్చలత సమర్పబడిన రెండు గడియారములలో, ఒక గడియారము ముండ్లుఉన్న స్థానమునకు సరిగా అదే స్థానమున మరియొక గడియారము ముండ్లు "యుగపత్" కాలికములుగ (పూర్వోక్త భావమున) ఉండునట్లు స్థిర పఱచినపుడు, సర్వసామ్య 'నిలుపుటలు' సదా యుగపత్ కాలికములయి యుండును. (పై నిర్వచన భావమున)

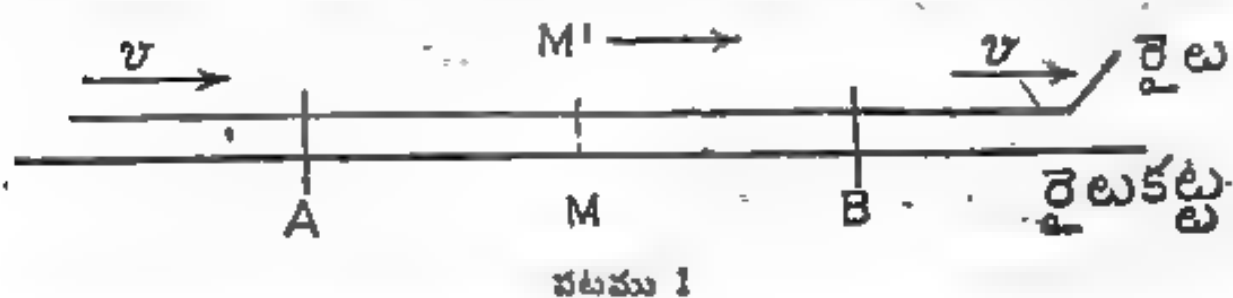
మరియు

మరియు

మరియు

యుగపత్ సాపేక్షత

ఇంతవఱకునూ, మన సమాలోచనలను, ఏదోయొక సూచిత వస్తువు నకు గాను, రైలుకట్ట అను నామ విలాసమును నిర్దేశించితిమి 'ర' స్థిర సరళ వేగమున, 1వ పటమున సూచింపబడిన డిక్కుగా. రైలు పట్టాలమీదుగా చాలా పొడవైన రైలు ప్రయాణము చేయుచున్నదను కొందము. రైలులో ప్రయాణము చేయుచున్న జనము తమ పదుపా



యమునకయి, ఒక దృఢమైన సూచిత వస్తువుగ (నిర్దేశాంశ విధానము) రైలును ఉపయోగించుకొనవచ్చును. రైలునుద్దేశించి, ఎల్లి సంఘటన లను వారు గుర్తింతురు. అప్పుడు రైలు మార్గమున తటస్థించు, ప్రతి సంఘటనయూ, రైలునందొక యేదో బిందువు యెడ సంఘటిల్లును. రైలుకట్టకు సంబంధించిన విధముగనే, యుగపత్ నిర్వచనము రైలునకు పాపేక్షించి ఈయవచ్చును. అయిననూ, ఏకత్ ఫలితముగ, ఈ డిగువ ప్రశ్న సహజముగ ఉదయించును.

రైలుకట్టకు, నిర్దేశితములూ, యుగపత్ కాలికములు అగు రెండు సంఘటనలు (ఉదహరింపబడిన A, B, ల యొద్ద మెఱుపు మిలిమిలలు) రైలునకు పాపేక్షించి కూడా యుగపత్ కాలికములగువా! సమాధానము "కాదు" అని ఉండవలెనని మనము ఋజువు చేకుము.

రైలుకట్టకు సంబంధించి, A, B, మెలుపుల మీలమీలలు 'యోగ వత్తు'లని మనము చెప్పుటలో మనయొక్క భావమిది. మెలుపు తటస్థించు నట్టి A, B, స్థలములయొద్ద ఉద్గమనముయిన కాంతి కిరణములు రైలు కట్టయొక్క పొడవు A—Bనకు మధ్య నిందువైన M వద్ద పరస్పరము కలియును. ప్రయాణము చేయుచున్న రైలున A—B దూరము యొక్క మధ్య నిందువు M' అనుకొందుము. మెలుపు మీలమీలలు సంభవించిన¹ అదే సమయమునకు సరిగా ఈ M' నిందువు సహజముగ M నిందువుతో ఏకీభవించును కాని, అది, రైలుయొక్క 'r' సరళ వేగముతో, రేఖా చిత్రమున, కుడి వైపునకు సాగిపోవును. రైలులో M' స్థానమున కూర్చుండియున్న పరిశీలకుడు, ఆ సరళ వేగమును కలిగి యుండకుండిన యెడల, అప్పుడతడు కాశ్యతముగా M యొద్దనే యుండి యుండును. A, B ల యొద్ద మెలుపు మీలమీలలనుండి ఉద్గమనముగూ కాంతికిరణములు సరిగా ఒకే సమయమున అతనిని చేరియుండును. అనగా, సరిగా, అతడు నెలకొనియున్న స్థలముననే అవి కలసికొని యుండును. ఇక, ఇప్పుడు వాస్తవమున (రైలుకట్టకు సంబంధించి అలోచించిన) అతడు B నుండి వచ్చుచున్న కిరణ పుంజము వైపునకు త్వరితముగా నడకలు సాగించుచు, A నుండి వెలువడు కిరణ పుంజమును అతిక్రమించుచున్నాడు. కావున A నుండి వెలువడు కిరణపుంజము కంటె, B నుండి వెలువడు కిరణ పుంజమును పరిశీలకుడు మునుముందు గనే చూచును. రైలును తమ సూచిత వస్తువుగ గ్రహించిన పరిశీలకులు A మెలుపు, మీలకన్న, B యొద్ద సంభవించిన మెలుపుమీల ముందుగ తటస్థించినదను సాహాంశమునకు వత్తురు. ఈ విధముగ మనము ఒక ముఖ్య ఫలితార్థమునకు వత్తుము.

రైలుకట్టకు నిర్దేశితములు, యుగవత్కాలికములయిన సంగతులు, విపర్యయమున, రైలునకు సంబంధించి, యుగవత్కాలికములు (యుగవత్

(1) రైలు కట్టనుండి నిర్ణయించునపుడు.

సాపేక్షత) కావు. ప్రతియొక్క సూచిత వస్తువు(నిర్దేశకాంక విధానము), దాని కనువగు విశిష్ట కాలమును కలిగియున్నది. "కాలము"ను సూచిత వస్తువునకు సంబంధించి నిర్వచించినపుడే తప్ప, మిగిలిన సమయములందు సంఘటనయొక్క కాల నిర్వచనము అర్థరహితమగును.

మరి ప్రస్తుతము, సాపేక్షతా సిద్ధాంతము ప్రవేశించకముందు "కాలము" నిర్వచనము తర్కవిశర్కములకు గురిచేయబడక అగీకృతమాయెను. అవగా "సూచిత వస్తువుయొక్క చలనస్థితికి సంబంధము లేకుండ, స్వతంత్రముగ నుండెను" అని భౌతిక శాస్త్రమున ప్రత్యేకించి ఊహించబడినది. కాని అతి సహజమయిన "యాగవత్తు" నిర్వచనముతో, యీ ఊహ అసంగతముగ నుండుట మనమిప్పుడు గమనించితిమి. మన మీ కావసను త్రోసిపుచ్చినయెడల, కూన్యమున కాంతి ప్రసారణ సూత్రము నకును, సాపేక్షతామూల సిద్ధాంతమునకును, మధ్యనున్న (7వ ప్రకరణమున విపులీకరించిన) విలీనత సమసిపోవును.

ఆరవ ప్రకరణమునందలి సమాలోచనం మూలమున యిప్పుడిక విలువజాలని, ఆ వివాదమునకు లాగబడితిమి. రైలుపెద్దెకు, సాపేక్షించి సెకనుకు 'బి' దూరమున పోవుకట్టి పెద్దెలోని మనుష్యుడు, రైలు కట్టకు సంబంధించి ప్రతి సెకను కాలమునకు అంతయే దూరమునకు అతి క్రమించును. అవి ఆ ప్రకరణమున వర్ణవసానముగ తేల్చితిమి. కాని, రైలు పెద్దెకు సంబంధించి, ఒకానొక సంఘటనకు వట్టుకాలము, రైలు కట్ట నుండి (సూచిత వస్తువుగ) నిర్ణయించునపుడు, అదే సంఘటనకు వట్టు కాలమునకు సమానముగా ముందునని గడచిన సమాలోచనము, అనుసరించి ఊహింపతగము. కనుక రైలుకట్టనుండి నిర్ణయించునపుడు, ఆ సెకనుకు సమానమైనటువంటి కాలముతో, రైలుమార్గమును పాపేక్షించి, 'బి' దూరమును మనిషి అధిగమించునని వివరించలేము.

మరియు, ఆరవ ప్రకరణమునందలి సమాలోచనము, సాపేక్షతా సిద్ధాంత పరిచయమునకు పూర్వమే రూపొంది, దీనిముగ అలోచించిన పాశుబద్ధము కాని మరొక భావనపై ఆధారపడియున్నది.

దూరభావ సాపేక్షతా విషయము

' θ ' సరళ వేగముతో రైలుకట్ట వెంబడి ప్రయాణము చేయు రైలున ఏవేని రెండు బిందువుల¹ను గూర్చి సమాలోచితము అ బిందువులు విడి వడి యుండిన దూరముగూర్చి ప్రశ్నింపము. దూరము కొలుచుటకు గాను, ఏ వస్తువునుండి దూరము కొలువ వలసి యున్నదో, తెలియుటకు సూచిత వస్తువు ఒకటి కావలయునన్నది లోగడ మనకు తెలిసినదే. రైలునే ఒక సూచిత వస్తువుగ (నిర్దేశాంక విధానము) వినియోగించు. కొమట సులభతరమైన యుక్తి, గుర్తిండు కొనిన ఒక బిందువునుండి మరియొక బిందువును చేరుటకు, వలసినన్ని సార్లులు కొలతబద్ధము సరళ రేఖా మార్గమున గుర్తించుకొనుచూ, బిందువులమధ్య దూరమును రైలు బండిలో నుండిన ప్రశీలకుడు కొలుచుచున్నాడు. కొలతబద్ధము నేలపై నానించిన తడవుల సంఖ్య వలసిన దూరమగును.

దూరము రైలు పట్టానుండి నిర్ణయింప వలసి వచ్చినప్పటి సంగతి వేరని, ఈ డిగువ విధానములోపించును. రైలున మధ్యదూరము కావలసిన రెండు బిందువులను A', B' అని వ్యవహరించిన యెడల, ఈ బిందువులు రైలు కట్టమీదుగా ' θ ' సరళవేగముతో అపుడు చలించుచుండును. రైలు కట్టనుండి నిర్ణయించు ' θ' ' అను ఒకానొక కాలమున A', B' అను రెండు బిందువుల వలన సరిగా అప్పటి కప్పుడు చాటిపోయినటువంటి, రైలు కట్ట మీద నున్న A, B బిందువులను ముందుగా మనము నిశ్చయింప వలసి యుండును. రైలుకట్టమీద నున్న A, B అను ఈరెండు బిందువులను, 8వ ప్రకరణమున ఈయబడిన కాల నిగ్యచరణమును ఉపయోగించి నిశ్చితము

(1) ఒకానొకరొక యెడటి పెట్టె మధ్యనుండి ఇరువదవ పెట్టె మధ్యవరకు

గావించ వచ్చును. రైలుకట్టమీదుగా కొలతబద్ధను తిరిగి, తిరిగి ఉపయోగించుట వలన, A.B అను రెండు బిందువుల మధ్య గల దూరము అప్పుడు కొలవబడును.

ఈతుదికొలమానము, సరిగామొదటి కొలమాన ఫలితమునే ఇచ్చునని ఏ విధముగను రూఢి కానేరదు. ఈ విధమున రైలులోనుండి కొలచుట వలన వచ్చిన రైలు పొడవునకు, రైలుకట్టనుండి కొలవబడిన రైలుపొడవు తేడాగానుండును. అరవ ప్రకరణమున, స్పష్టమని తోచు సమాలోచనలకు వ్యతిరేకముగా లేవదీయ యడవలసిన రెండవ అభ్యంతరమునకు, ఈ పరిస్థితి మనలను కొనిపోవును. అయితే, రైలునుండి కొలిచిన, రైలుపెట్టెలోనున్న మనిషి ఒక కాల ప్రమాణమున 'బి' దూరమునుకూడ దీనినయెడల, రైలుకట్టనుండి కొలచిన 'బి' దూరమునకు సమానముగ నుండవలసిన అగత్యము లేదు.

లారెన్స్ డ్ రూపాంతరము

సాంప్రదాయక యాంత్రిక కాస్త్రమునుండి, ఋజువు చేయరాని రెండు పరికల్పనలను, ఎఱుపు తీసికొని సాగించిన సమాలోచనలమూలమున సాపేక్షతా మూలసిద్ధాంతముతో (7వ ప్రకరణము) పొసగనట్లు కన్పించు కాంతి ప్రసారణ సూత్రము ఉత్పాదించ బడినదని గతమూడు ప్రకరణముల ఫలితములు చూపించును ఆ పరికల్పనలు ఈ దిగవ కననగును.

(1) రెండు సంఘటనల మధ్యగల కాలాంతరము, సూచిత వస్తువు యొక్క చలన స్థితిమీద ఆధారపడి యుండక స్వతంత్రముగ నున్నది.

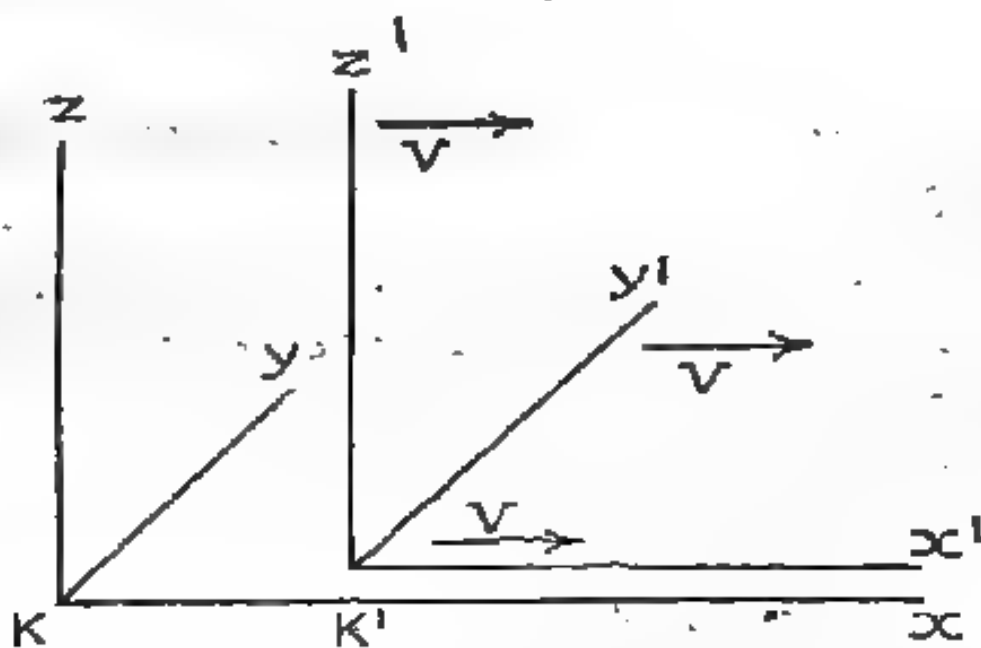
(2) ఒక దృఢమైన వస్తువుయొక్క రెండు బిందువుల మధ్యగల స్థలాంతరము (దూరము) సూచిత వస్తువుయొక్క చలన పరిస్థితిమీద ఆధారపడక స్వతంత్రముగ నున్నది. ఈ పరికల్పనలను విడనాడిన, 7వ ప్రకరణము నందలి సంకయిత మాయమగును; ఎందుచేత ననగా రివ ప్రకరణము నందలి పరశవేగ సంకలన సిద్ధాంతము చెల్లుబడి కానిదగును. కనుక శూన్యమున కాంతి ప్రసారణ సూత్రము, సాపేక్షతా మూలసిద్ధాంతముతో పంగతము కావచ్చునని అందలి సాధ్యత వెలువరించును. అప్పుడు అనుభవ గతము లగు ఈ రెండు ముఖ్యఫలితముల మధ్యనూ, గల విభిన్నతను; తొలగించు నిమిత్తమై రివ ప్రకరణమునందలి సమాలోచనలను మనమెట్లు సరిదిద్దుకొనవలెను? అను ప్రశ్న ఉదయించును. ఈ ప్రశ్న సార్వత్రికమగు ప్రశ్నకు అవకాశమిచ్చును. రివ ప్రకరణమున చర్చలో, రైలునకును, రైలుకట్టకునూ, (రెండిటికిని) సంబంధించిన, స్థల, కాలములలో సమాలోచనమును చేసితిమి. రైలు కట్టకు సంబంధించి ఒక సంఘటనయొక్క స్థలకాలములు, మనకు తెలిసినపుడు, రైలునకు సంబంధించి ఆ సంఘటనయొక్క స్థలకాల

ముల నెట్లు కనుగొందుము? శూన్యమున, కాంతి ప్రసారణ సూత్రము, సాపేక్షతా మూలసిద్ధాంతముతో విరోధించని సమాధానము ఈ ప్రశ్నకు కలదా? అనగా రైలుకట్టకు సంబంధించియు, రైలుకు సంబంధించియు, ప్రతి కాంతిరణ ప్రసారణ వరళ వేగము 'c' కలిగియుండునట్లుగ, సూచిత వస్తువుల రెండింటికి, సంబంధించిన, ప్రత్యేకములగు సంఘటనలయొక్క స్థల కాలములమధ్య సంబంధమును మనము ఊహించగలమా? ఈ ప్రశ్నకు సుపూర్ణముగా నిశ్చితమైన "బాను" అను సమాధానమునకు మార్గము కల్పించును ఒక సూచిత వస్తువునుండి, ఇంకొక సూచిత వస్తువునకు, మారుచున్నపుడు, స్థలకాల పరిమాణములకు, నిర్దుష్టమైన నిశ్చితమగు రూపాంతర సూత్రమునకు త్రోవలు కల్పించును.

ఈ సమాలోచనకు ముందుగా, యీదిగువ సంభవనీయమయిన సమాలోచనను అందింతుము. గణితకాస్త్ర సాంప్రదాయానుసారము, వరళ రేఖ ప్రవర్తనను, ఆధారముగా గొని, రైలు కట్టవెంబడి ఇరుగు చున్న ఆ సంఘటనలను గూర్చి మనమింత వరకునూ సమాలోచించి యుంటిమి. రెండవ ప్రకరణము నందు సూచించబడిన ప్రకారము, సూచిత వస్తువుగ కర్రల చట్రమును గ్రహించి దాని నహాయముతో, ఎక్కడ జరిగిన సంఘటన నయిననూ, స్థాన నియమితము గావించవచ్చును. ఈ చట్రము ఊర్ధ్వమునకును, ఇరు పార్శ్వములకును వ్యాప్తిచెందినదిగ ఊహించ వచ్చును. ఇదే విధముగా, ఎంత దూరమున నయిననూ జరిగిన సంఘటనను స్థాన నియమితము గావించుటకు, వీలుగా, అంతరాళమున 'c' వరళ వేగముతో పోవుచున్న రైలు బండిని, రెండవ చట్రముగ, మరమూహించ వచ్చును. గణనీయమగు పారజాటునకు గుఱికాకుండా ఘనపదార్థముల యొక్క గమన నిరోధక శీలతను బట్టి వాస్తవమున ఈ చట్రములు పరస్పర మొకదానితో నొకటి ఎడతెకుండా జ్యోతియు కలిగించుకొనునన్న, విషయ మును, మనము త్రోసివేయ వచ్చును. అటువంటి ప్రతి చట్రమును, ఒక దానికొకటి అంబముగ, మూడుతరముల గుర్తించబడి, నిర్దేశాంక తరముల

(నిర్దేశాంక విధానము) అని వ్యవహరింపబడు దానినిగ మనము ఊహించ వచ్చును. అప్పుడు K నిర్దేశాంక విధానము రైలుకట్టకును, K' నిర్దేశాంక విధానము రైలుబండికిని సరి పోల్చవచ్చును.

ఎక్కడ కిరిగిన సంఘటన నయిననూ, నిర్దేశాంక తలములమీద x, y, z అంశముల మూలముననూ కాలమునకు సంబంధించిన, t కాల విలువ మూలమున అంతరాళమందు, K విధానమున స్థిరీకృత మొనరింపబడును. x, y, z, t లకు సర్వసమానములు గాని, x', y', z', t' , అనబడు స్థలకాల మూల అనువక్తములయిన విలువల సహాయమునాని, K' విధానమున అదే సంఘటనను స్థిరీకృత మొనరింపవచ్చును. ఈ పరిమాణములను భౌతిక మాపక ఫలితములుగ, ఎట్లు పరిగణింప వలయునో, సవిస్తరముగ, తోగడనే వివరింప బడినది.



చిత్రము 2

ఈ దిగువ విధానమున, మన సమస్యను కచ్చితముగ సూక్ష్మీకరింప వచ్చును. K కి సంబంధించి ఒక సంఘటనయొక్క x, y, z, t , పరిమాణములు ఈయబడినపుడు K' కు సంబంధించి అదే సంఘటన యొక్క x', y', z', t' విలువలు ఎట్టివి? K, K' ల సంబంధముతో ఒకేఒక కిరణము (అది ఏ యొక కిరణమయిననూ) గూన్యమువందలి కాంతి ప్రసార గమన సూత్రమునకు తృప్తికరమగు పట్టు, ఆ సంబంధము తెన్నుకొన

వలెను. 2వ పటములో సూచించబడిన నిర్దేశాంశ విధానముల యొక్క అంతరాళమునగల సాపేక్షతా, స్థానముల సమస్య ఈ సమీకరణముల ద్వారా సాధించబడినది.

$$\begin{aligned}x' &= \frac{x - v \cdot t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \\y' &= y \\z' &= z \\t' &= \frac{t - \frac{v}{c^2} \cdot x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}\end{aligned}$$

ఈ సమీకరణ విధానము, లారెన్ ట్జ్ రూపాంతరముగ¹ వ్యవహరించబడుచున్నది.

కాంతి ప్రసారగమన సూత్రము స్థానే, కాలములయొక్క, పొడవలయొక్క, శుద్ధస్వభావమునకు, ప్రాచీన యాంత్రిక శాస్త్రమున ప్రత్యేకించి చెప్పబడిన రీతిన, అధార భూతముగా మనము గ్రహించిన యెడల పై సమీకరణములకు ప్రత్యామ్నాయముగ, ఈ సమీకరణములు సిద్ధించియుండవలెను.

$$\begin{aligned}x' &= x - vt \\y' &= y \\z' &= z \\t' &= t\end{aligned}$$

తలుచుగా ఈ సమీకరణ విధానమును గెలిగియో రూపాంతరమందురు. లారెన్ ట్జ్ రూపాంతరమున, కాంతి సరళ వేగమునకు,

(1) లారెన్ ట్జ్ రూపాంతరము యొక్క సామాన్యమయినదిత్వాదనము ఒకటవ అనుబంధమున ఈయ బడినది.

అనంతమైన విలువను ప్రతిక్షేపించుటవలన లారెన్‌బేర్క్ రూపాంతరము నుండి గెలిలియో రూపాంతరమును పొందవచ్చును.

ఈ దిగువ ఉదాహరణ సాయమున K సూచిత వస్తువులకునూ, K' సూచిత వస్తువులకునూ (ఉభయములకునూ) క్యూమ్యున కాంతి ప్రసారగమన సూత్రము లారెన్‌బేర్క్ సూత్రానుగుణ్యముగ తృప్తి నందించునని మనము గమనింప గలుగుదుము. ధన అక్షము మీదుగా దీవనంశేతము పంపబడినది. ఇది $x = ct$ అను సమీకరణమునకు అనుగుణ్యముగ పురోగమించును. అనగా c సరళ వేగముతో ముందునకు పోసాగును. లారెన్‌బేర్క్ రూపాంతర సమీకరణానుసారము, x, t మధ్య గల ఈ సామాన్య సంబంధములో x', t' సంబంధము కూడ ఇమిడియున్నది. యథార్థ్య దృష్ట్యా లారెన్‌బేర్క్ సూత్రముల మొదటి, నాల్గవ సూత్రములందలి x నకు ct విలువను ప్రతిక్షేపించిన, ఈ సమీకరణములు సిద్ధించును.

$$x' = \frac{(c-v)t}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$$

$$t' = \frac{(1-v/c)t}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$$

తాగించిన చానినుండి ఈ సమీకరణము వెంటనే లభించును.

$$x' = ct$$

K' విధానమున ఈ సమీకరణమున కనుగుణముగ కాంతి ప్రసారము జరుగును. K' సూచిత వస్తువులకు సంబంధించి ప్రసార సరళ వేగము కూడా c కి సమానముగానుండునని మనము ఈ విధమున గమనింతుము. ఏ దిక్కున కయిననూ పురోగమించు కాంతి కిరణములకు కూడ అదే ఫలితము సిద్ధించును. ఈ దృక్పథమున కనుగుణముగనే, లారెన్‌బేర్క్ సూత్ర సమీకరణములు ఉత్పాదించబడినవి. కనుక ఇది ఆశ్చర్యకరముకాదు.

చలనస్థితినున్న, కొలతబద్ధలయొక్కయూ,
గడియారములయొక్కయూ, ప్రవర్తనలు.

K నిర్దేశాంక విధానమున, x' అక్షముమీద $x'=0$ లిందువుతో, ఒక కొనయూ అనగా మొదటి కొనయూ $x'=1$ లిందువుతో రెండవకొనయూ, అనగా తుది కొనయూ పరిభవించునట్లుగ, ఒక మీటరు కొలతబద్ధ ఉంచితిని. K నిర్దేశాంకవిధానమున మీటరుబద్ధయొక్క సాపేక్షతా దైర్ఘ్యము ఎంత? ఇది తెలియుటకు గాను, ఒకానొక సమయమునకు, అనగా t కాలమానమున, K కు సంబంధించి, దండముయొక్క మొదలు, తుది కొనలు ఎక్కడ ఉన్నవి? అని మాత్రము మనము ప్రశ్నించవలసి యుండును.

$$x \text{ కొలతబద్ధ మొదలు} = 0\sqrt{1-v^2/c^2}$$

$$x \text{ కొలతబద్ధ తుది} = 1\sqrt{1-v^2/c^2}$$

అని లారెన్ట్ థీజ్ మొదటి సమీకరణము ద్వారా $t=0$ అగు కాలమున, ఆ రెండు లిందువుల విలువలూ, ఆ రెండు లిందువుల మధ్య దూరము $\sqrt{1-v^2/c^2}$ అని, నిరూపింపవచ్చును. కాని K కు సాపేక్షముగా, ఆ మీటరు బద్ధ v సరళవేగముతో, కదలుచున్నది. కనుక v సరళవేగముతో, దాని పొడవు వెంటి కదులుచున్న దృఢమైన మీటరు బద్ధయొక్క పొడవు $\sqrt{1-v^2/c^2}$ మీటరు అయి ఉండునని, తెలియుచున్నది.

ఇందువలన నిశ్చలతనున్నప్పుడు కన్న, చలనస్థితినున్నప్పుడు ఆ దృఢమైన బద్ధ కురచగ నుండును, వేగాతిశయముతో పాటు, ఆ

బద్ధయొక్క పొడవు, పొట్టి అగుచుండును. v సరళవేగము = c అయిన, $\sqrt{1-v^2/c^2} = 0$, అనగా పొడవు శూన్యమగును. ఇంకను సరళవేగము v ఎక్కువయిన సందర్భములందు వర్గమూలము ఊహా మాత్రకమగును. వాస్తవిక వస్తువేదియు c వేగముతోగాని, c ని మించిన వేగముతో గాని, పోలేకన్న విషయమును సూచించు పాత్రను, సాపేక్షతా వాదమున c నిర్వహించుచున్నది. వాస్తవికవస్తువు పొంద గల్గు సరళవేగపు హద్దు c అను వర్ణవసానమునకు వస్తుము. c కంటెను v విలువ ఎక్కువగా గ్రహించిన లారెన్ట్జ్ సమీకరణములు అర్థరహితములగును.

c సరళవేగము అతిక్రమింపబడని వేగముననున్నది కూడ లారెన్ట్జ్ సమీకరణములనుండియే అనుగమించును.

దీనికి వ్యతిరేకముగ K కు సంబంధించి, x అక్షమున మీటరు బద్ధ నిశ్చలత కున్నట్లు మనము ఊహించిన యెడల, బద్ధయొక్క పొడవు, K' నుండి నిర్ణయించిన, $\sqrt{1-v^2/c^2}$ అయిఉండి ఉండునని

మనము కనుగొనియుండుము మన సమాలోచనల కన్నిటికిని ఆధార భూతముగ ఏర్పడిన సాపేక్షతా మూలసిద్ధాంతమునకు ఇది పూర్తిగా అను సరించినదై యిన్నది.

x, y, z, t పరిమాణములు, కొలతబద్ధ సహాయముననూ, గడియారముల సహాయముననూ, మనము పొందిన ఫలితములకు పోచుచు, తగ్గు కాకుండా, ఉన్నవి కనుక కొలతబద్ధ యొక్కయూ, గడియారములయొక్కయూ, భౌతిక చర్యలగూర్చి కొంచెముగా మనము తెలిసికొనగలిగి యుండవలయును, అనునది. ప్రాతిపదిక గావలయు నమట, విస్పష్టము. గెలిలియన్ రూపాంతరము మీదను ఆధారపడి మనము చర్చ సాగించినయెడల, చలనఫలితముగ బద్ధయొక్క సంకోచము మనకు తటస్థించియుండరాదు.

K' నిర్దేశాంక విధానమున, ఆరంభస్థానముయొద్ద ($x' = 0$) స్థిరముగ నెలకొల్పబడిన ఒక సెకనుల గడియారము ఉన్నదని మనమిప్పుడు భావించుము. $t' = 0, t = 1$. అనునవి ఆ గడియారము ఒకదాని వెనుక ఒకటిగా కొట్టిన రెండు టిక్కులు లారెన్జ్ ట్ ట్ రూపాంతర సమీకరణములలో, మొదటిదియూ, వాల్గవదియూ, ఆ రెండు టిక్కులకు ఈ సమీకరణములనొసగును.

$$t = 0, \text{ మరియు } t = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

K నుండి నిర్ణయింపబడిన ప్రకారము, v సరళవేగముతో గడియారము కదలుచున్నది. సూచిత వస్తువునుండి నిర్ణయింపబడినపుడు ఆ గడియారముయొక్క రెండు టిక్కుల మధ్యను గతించిన కాలము

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \text{ సెకనులు కాని, ఒక సెకను కాదు అనగా సెకను కన్న}$$

కొంచెము ఎక్కువ. చలన ఫలితముగ గడియారము నిశ్చలతనున్నప్పుటి కన్నను ఎక్కువ మందముగ పోవును. ఈ సందర్భమునందు కూడ, అలభ్యమయిన, ఒక పొద్దుగల వేగముయొక్క పాత్రను, c సరళవేగము నిర్వహించుచున్నది.

సరళవేగ సంకలన సిద్ధాంతము

ఫిజియా ప్రయోగము

కాంతి వేగముతో పోల్చి చూచిన, వక్కువ సరళ వేగము వోడనే గడియారములను, కొలత కర్థలను మనము చలింప జేయగలుగు చున్నాము. అందుచే గత ప్రకరణము నందలి ఫలితములను, మనము, సూటిగా, వాస్తవికములతో ఎంతమాత్రము పోల్చజాలము. కాని ఈ ఫలితములు చాలా అసాధారణములని కూడామీకు తట్టవచ్చును. అందుచేత ఆసిద్ధాంతమునుండి, నేనివ్వుడు, మణియొక ఫలితాంశమును ఆహరింతును. దానిని రాబోవు సమాలోచనలనుండి సులభముగ నుత్పన్నము గావింప నగును. ప్రయోగాత్మకముగ, సంశయ రహితముగ, అది దృవపఱచబడినది.

ఆరవ ప్రకరణమునందు, సాంప్రదాయిక యాంత్రిక శాస్త్ర పరికల్పనముల ఫలితాంశపు జక్కతిలో, ఒకవిధముగ సరళవేగ సంకలన సిద్ధాంతమును ఉత్పన్నము గావించితిమి. గెలిలియో దూపాంతరము (11వ ప్రకరణము) నుండి కూడా ఈ సిద్ధాంతమును సులభముగ ఉత్పాదించ గలము. రైలుపెట్టెలో నడచుచున్న మనిషి స్థానే $x' = y'$ నమీకరణమునకు అనుసంధించి K' నిర్దేశాంశ విధానమునకు సాపేక్షతను చలించుచున్న బిందువునకును, మనము ప్రవేశము కల్పించుము. గెలిలియో దూపాంతర సమీకరణములలో మొదటిది, వార్గవది అగు సమీకరణముల ద్వారా x', t' లను x, t వలములలో మనము వ్యక్తపరచవచ్చును. అప్పుడు

$$x = (v + w) t,$$

అను సమీకరణమును పొందుదుము. ఈ సమీకరణము K నిర్దేశాంశ విధాన సూచనతో, బిందు చలన సూత్రమును (రైలుకట్ట సూచనతో

మనిషి గమన సూత్రము) వెలిబుచ్చునే గాని మరేమియూకాదు. W సంకేతమున ఈ సరళవేగమును మనము సూచించుము. అప్పుడు ఆరవ ప్రకరణమునందు వలెనే,

$$W = v + w \text{ --- (A)}$$

అను సమీకరణము మనకు వచ్చును.

కాని ఈ సమాలోచనమును, సాపేక్షతా సిద్ధాంతము ఆధారముగా కొని కూడా మనము సాగింప వచ్చును. అప్పుడు లారెన్జ్ బ్లోక్ - రూపాంతరము నందలి, మొదటి సమీకరణమును, చాలవ సమీకరణమును ఉపయోగించి

$$x' = wt'$$

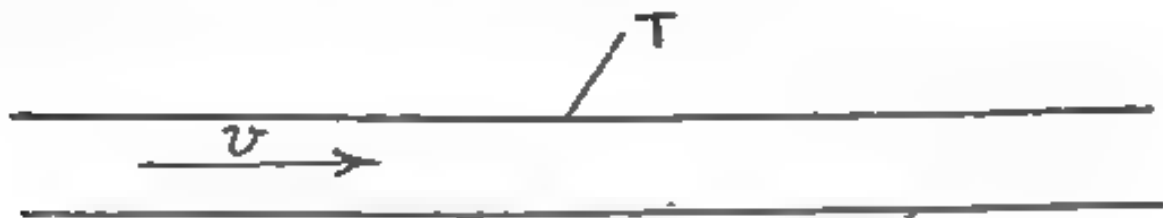
అను సమీకరణముతో x', t' అను x, t పదములలో మనము వ్యక్తపరచ వచ్చును. అప్పుడు (A) సమీకరణమునకు బదులుగా

$$W = \frac{v + w}{1 + \frac{v \cdot w}{c^2}} \text{ --- (B)}$$

అను సమీకరణము మనకందును. ఇది ఒక దృష్ట్యా సాపేక్షతా సిద్ధాంతానుగుణ్యముగ, సరళవేగములయొక్క సంకలన సిద్ధాంతమునకు పరిపోలును. ఈ రెండు సిద్ధాంతములలో అనుభవమునకు ఏది ఎక్కువ సన్నిహితము అను ప్రశ్న ఉదయించును.

ఈ విషయముపయి, ఒక అగ్గళతాబ్దము క్రితము ఫిజ్జా అను ఒక ప్రతిభావంతుడైన భౌతిక శాస్త్రజ్ఞుడు గావించిన ముఖ్యమగు ప్రయోగము వలన మనకు నిశ్చిత విజ్ఞానమణవడినది. ఆ ప్రయోగ ఫలితమును గూర్చి మరియెట్టి సందేహము కలుగకుండా ప్రయోగ భౌతిక శాస్త్రమున ప్రముఖులనదగిన వారనేకులు, వదేవదే ఆ ప్రయోగమును గావించి ఋజువుచేసిరి. ఆ ప్రయోగము ఈదిగువ ప్రశ్నతో ప్రమేయము కలిగి యున్నది. w అను ఒక కొంతసరళవేగముతో, నిశ్చలత నున్న ద్రవ

ములోనికి, కాంతి ప్రయాణము చేయును. పైన ఉదహరింపబడిన ద్రవము u సరళవేగముతో గొట్టము గుండా ప్రవహించునపుడు T గొట్టము లోని కాంతి గుర్తుచే సూచింపబడిన దిక్కుగా ఎంతగర్వరలో అది ప్రయాణముచేయును? (3వ పటము చూడుడు)



పటము 8

అత్యవస్థవులను గమనించి చూచిన, ద్రవము నిశ్చలతనున్ననూ, లేకున్ననూ, ద్రవమునకు సంబంధించి, సరిసమానముగ ఒకే తీరున u సరళవేగముతో కాంతి ప్రసార క్రియ సాపేక్షతా సిద్ధాంతానుగుణ్యముగ జరుగుచున్నదని మనము ఒప్పుకొన వలసియుండును. ద్రవమునకు సంబంధించి, కాంతి సరళవేగము, గొట్టమునకు సంబంధించి ద్రవ సరళవేగము పై విధముగ మనము తెలుసుకొంటిమి. ఇక గొట్టమునకు సంబంధించి కాంతి సరళవేగము మనకు కావలెను.

ఆరవ ప్రకరణము నంవలి సమస్య మరల మన ఎదుట తటస్థమయినది అని విస్పష్టము. గొట్టము రైలుకట్టయొక్క లేదా K నిర్దేశకాంశ విధానముయొక్క పాత్రను ధరించును. ద్రవము రైలుపెట్టెయొక్క, లేదా K' నిరూపక విధానముయొక్క పాత్రను నటించును. ఇక చివరకు మిగిలిన కాంతి పెట్టెవెంటి నడచుచున్న మనుష్యుని యొక్క లేదా ప్రస్తుతప్రకరణమునచలిత బిందువుయొక్క భూమికను వహించును. గొట్టమునకు సంబంధించి కాంతి సరళవేగము W/g మనము గుర్తించినయెడల, గెలిలియో రూపాంతరము లేక లారెన్ట్జ్ రూపాంతరము యాధార్య విషయమునకు సరిపోవునటులుగ (A) లేక (B) సమీకరణము మూలమున అది ప్రసాదించబడును. సాపేక్షతా సిద్ధాంతము నుండి ఉత్పాదించబడిన (B)

సమీకరణ పక్షమునకు అనుకూలముగా² ప్రయోగము నిర్ణయించును. అందులో నిశ్చిత చాలా కచ్చితముగ నున్నది. ఇటీవల జీమాన్ యొక్క మన్నితములయిన మాపకములనుబట్టి (B) మాత్రమువలన, కాంతి ప్రసారముమీద, ప్రవాహముయొక్క సరళ వేగము నూరుపాళ్ళలో ఒక పాలు లోపున ఉండునని ప్రతిక్షేపించ బడినది. అయినా, సాపేక్షతా సిద్ధాంత నిర్వచనమునకు, మునుముందుగనే పౌల్.ఎ. లారెన్ట్జ్ వలన, ఈ దృశ్య సంఘటనా సిద్ధాంతము, వెలయించ బడినదను వాస్తవ విషయమునకు మనదృష్టిని మరలించవలెను. ఈ సిద్ధాంతము కేవలమూ విద్యుత్ గతి విజ్ఞానాత్మక స్వభావము కలదిగనుండెను. మరియు పదార్థము యొక్క విద్యుదయస్కాంత నిర్మాణమునకు ఒకానొక పరికల్పనను ఉపయోగించుటవలన సాధించబడినది. ఏమయినప్పటికిన్ని, అనలు సిద్ధాంతము ఆధారపడి యుండిన మాక్సు వెల్-లారెన్ట్జ్ యొక్క విద్యుత్ గతి విజ్ఞానము ఏవిధముగను, సాపేక్షతా సిద్ధాంతమును కాదనదు. కావున, ఈ పరిస్థితి, సాపేక్షతా సిద్ధాంతము పక్షమున విషయ పరీక్షయయి, ప్రయోగ నిశ్చితమైన దాని విరుద్ధమే మాత్రమునూ తగ్గింపదు అంతియకాక, సాపేక్షతా సిద్ధాంతము, విద్యుత్ గతి విజ్ఞాన శాస్త్రమునుండియే పెంపొందించ బడినది. అందులోను ఆశాస్త్రమునకు ఆధార భూతములున్ననూ, అది యందు ఒకదానినొకటి విడివడి స్వతంత్రముగ నున్నవియునగు పరికల్పనలను సులభముగ పొందు పఱచి ఆశ్చర్యకరముగ నిర్వచనమన్వయ సిద్ధాంతముగ రూపొందినది.

(1) ద్రవముయొక్క వక్రీభవగుణకము $n = \frac{c}{w}$ అయిన $W = w + v$

$(1 - \frac{1}{n^2})$ అగునని ఫిజ్య కనుగొనెను. (1)లో పోల్చిన $\frac{v}{c^2}$ చాలతక్కువ

కావున మొదటి స్థానమున (B) బదులు $w = (w + v) (1 - \frac{vW}{c^2})$ ప్రతి

క్షేపించవచ్చును. తరున్న ఉజ్జాయింపున, ఫిజ్య ఫలితముతో సమైక్యమయిన $w + v (1 - \frac{1}{n^2})$ ను నిలుపవచ్చును.

సాపేక్షతా సిద్ధాంతము స్వయం సమర్థత

ముందు పుటలలోని మన ఆలోచనా పరంపరలను ఈ దిగువ విధమున సంక్షేపింపవచ్చును. ఒక వైపున "సాపేక్షతా సిద్ధాంతము సత్యమునకు కట్టుబడును అనియూ, మరియొక వైపున కాంతి ప్రసార సరళతేగము శూన్యమున c స్థిరాంకమునకు, సమానముగ పరిగణింప బడవలెననియూ, మొదలుగాగల గాఢ విశ్వాసములను, అనుభవము మనకిచ్చును. వై రెండు స్వీకృత పక్షములను ఏకముఖము చేయుటవలన ప్రకృతిలో జరుగు సంఘటనలను x, y, z లకు ఆయత నిర్దేశాంకములవలన, 't' ఘటనా కాలముగను గ్రహించి రూపాంతర నియమమును సాదించితిమి. సాంప్రదాయిక యాంత్రిక శాస్త్రమునకు భిన్నమయిన, లారెన్ ట్ డ్ రూపాంతరమునంద గర్భితిమేకాని, గెలిలియో రూపాంతరమును పొందలేదు.

మన వాస్తవిక పరిజ్ఞానము, సమర్థించునట్టి, కాంతి ప్రసారగమన సూత్రము, ఈ ఆలోచనా క్రమమున ముఖ్యమైన పాత్రను వహించెను. లారెన్ ట్ డ్ రూపాంతరము లభించిన తదుపరి ఈ సూత్రమును సాపేక్షతా సిద్ధాంతముతో ముడిపెట్టి, ఆ సిద్ధాంతపు మొత్తము మీది సారాంశ మీ క్రింది విధముగ సమీకరించవచ్చును.

K అను మొదటి నిర్దేశాంక విధానమున, స్థలకాల, చలన రాకులగు, x, y, z, t లకు ప్రత్యామ్నాయముగ K' నిర్దేశాంక విధానమునకు చెందిన x', y', z', t' చలనరాకులను క్రొత్తగ ప్రవేశపెట్టినపుడు, కచ్చితముగ అదే ఆకృతి మన్న సూత్రము నిచ్చునటుల, ప్రకృతి నందలి

ప్రతి సామాన్య నియమము కల్పింపబడవలయును. ఈ సందర్భమున, సామాన్య పరిమాణములకునూ, ప్రముఖ పరిమాణములకునూ గల సంబంధము లార్చెన్ ట్ డ్ రూపాంతరము వలన ఈయబడినది లేక లార్చెన్ ట్ డ్ రూపాంతరములకు సంబంధించినంతవఱకునూ, ప్రకృతి సామాన్య నియమములు సహచరములు అనునది సంక్షిప్త వ్యాఖ్య. సాపేక్షతా సిద్ధాంతము ప్రకృతి సూత్రమును విధిగా అపేక్షించునను నదియే గణిక నియమితమైన సంగతి. ఈ కారణముననే ప్రకృతి సామాన్య సూత్రాన్వేషణమున ఆ సిద్ధాంతము అమూల్యమైన ఆలంబనయగును. ఈ విధికి విహితము కాని ప్రకృతి నియమము తటస్థపడిన యెడల సిద్ధాంతమున కాధారభూతమగు ఊహల రెండింటిలో కనీస మొకటియైననూ, ఋజువునకు నిలువక పోవలయును. ఇక సాపేక్షతా సిద్ధాంతము, ఇంతవరకూ స్ఫుటపరచిన సార్వత్రిక ఫలితములను పరీక్షింతము.

సాపేక్షతా సిద్ధాంతము యొక్క

సాంఘిక ఫలితములు

విద్యుత్ గతి శాస్త్రము నుండియు, తేజశ్శాస్త్రము నుండియు సాపేక్షతా సిద్ధాంతము, అభ్యుదయమందిన విషయము మన గత సమాలోచనములవలన స్పష్టమయినది. ఈ శ్లేతములయందు, సిద్ధాంత ఫలితములను గణించదగినంతగ మార్చలేదు. కాని సిద్ధాంత నిర్మాణ ప్రణాళిని అనగా, సూత్రోత్పాదనమును, అనుకొనదగినంతగ సూక్ష్మీకరించెను. మతీయూ, అతి ముఖ్యమయిన విషయ మేమనగా, అది సిద్ధాంతమునకు ఆధార భూతములయిన, స్వతంత్ర పరికల్పన సంఖ్యను చాలవరకు తగ్గించినది. మాక్స్ వెల్-లాచెన్ బ్ ష్ సిద్ధాంతమునకు అనుకూలముగా ప్రయోగము సంధిగ్ధతా ప్రాయముగ నిశ్చయించిననూ, వర్తమానముగా భౌతిక శాస్త్రవేత్తలు ఒప్పుకొనుటకు సబబుగ కనబడునంతగ, విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతము, పై సిద్ధాంతమును సమంజసము గావించెను.

విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతపు విధులతో, ముఖ్యముగాగ వలనన్న, ముందుగా, సాంప్రదాయక యాంత్రిక శాస్త్రము మార్పుచెందవలసిన అవసరమేర్పడెను. అయినప్పటికినీ కాంతి సరళ వేగముతో పోల్చి చూచిన ౨ పదార్థ సరళ వేగములు, అంత చిన్నవికావు కాని, ద్రుత చలనములకు సంబంధించిన సూత్రములను ఈ మార్పు చాలవరకు మార్చి వేసెను. ఎలక్ట్రానులు, అయానులు విషయమై మాత్రము మనకి దై ద్రుత చలనమును అనుభవగతములు. తదితర చలనములకు, సాంప్రదాయక యాంత్రిక శాస్త్ర నియమములయందలి మార్పులు, అనుభవమున విస్పష్టముగా నంత సూక్ష్మమైనవిగ నున్నవి. సాంఘిక సాపేక్ష సిద్ధాంత

ప్రస్తావనకు మనము వచ్చువఱకునూ నడుశ్రమల చలనము గూర్చి మనమాలోచించుము. సాపేక్ష సిద్ధాంతానుసారముగ, 'm' ద్రవ్యరాశి

గల ద్రవ్యకణము యొక్క గతిజ ఊర్జ $\frac{mc^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ అను ఉక్తి వలనగాని

అందఱకును తెలియబడిన $\frac{mv^2}{2}$ అను ఉక్తి మూలమున వ్యక్తము కాదు.

v సరళ వేగము, కాంతి సరళ వేగమగు c ని అందుకొనినపుడు ఈ ఉక్తి అసంతమును చాకును. కనుక శ్వరణ ఉత్పాదించుటకై ఉపయోగింపబడిన ఊర్జలు ఎంత అతిశయించినప్పటికిని, సరళ వేగము, ఎప్పుడును v కన్న తక్కువగనే యుండిపోవును. గతిజ ఊర్జ శక్తిని శ్రేణి ఆకారమున విస్తరింపజేసిన,

$$mc^2 + \frac{mv^2}{2} + \frac{3}{8} \frac{mv^4}{c^2} + \dots$$

అను శ్రేణిని పొందుదుము.

ఏకాంతముతో పోల్చిచూడ $\frac{v^2}{c^2}$ తక్కువ అయినపుడు సాంప్రదాయక యాంత్రిక శాస్త్రమున చివరిదిగ పరిగణింపబడు నట్టి రెండవ దానితో పోల్చిన, ఈ పదములయందు మూడవది ఎల్లప్పుడునూ చిన్నది గనే యుండును. మొదటి పదము mc^2 , సరళ వేగమగు v పదమును కలిగియుండదు. సరళ వేగముమీద ద్రవ్యకణము యొక్క ఊర్జ ఎట్లు ఆధారపడినది అను ప్రశ్నతో మాత్రమే మనము సంబంధము పెట్టుకొని యున్నచో ఆ మొదటి పదమును మనము పరిగణించ నలసినదిలేదు. తరువాత దానియొక్క ముఖ్యవశ్యకతను గూర్చి ముచ్చటించుము.

విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతము త్రోవజూపిన సర్వసామాన్యస్వభావము యొక్క అతి ముఖ్యమైన ఫలితము ద్రవ్యరాశి అను భావముతో సంబంధించి యున్నది. సాపేక్షతా సిద్ధాంతము ప్రవేశించక పూర్వము,

ప్రధానములైన రెండు స్థిరతా సూత్రములను భౌతిక శాస్త్రము గుర్తించెను. అనగా ఊర్ధ్వ స్థిరతా సూత్రము ద్రవ్య స్థిరతా సూత్రము. ఈ రెండు ముఖ్య సూత్రములు పరస్పరము సంపూర్ణ స్వతంత్రముగ నున్నట్లు కన్పించును. సాపేక్షతా సిద్ధాంతము వలన ఒకే సూత్రములో ఆవి ఐక్యమొనరింపబడెను. ఈ ఐక్యత ఏర్పడిన విధానము, దానికీయవలసిన నిర్వచనము, ఇప్పుడు సంక్షిప్తముగ మనము సమాలోచింతము.

K నిర్దేశాంశ విధానమునకు సంబంధించియే కాకుండా, K కి సాపేక్షించి, ఒకే తీరున సాగు చేయవలసినది నున్నట్టి K' నిర్దేశాంశ విధానమునకు సంబంధించి కూడా, లేదా, సంక్షిప్తముగా ప్రతియొక్క గెలిలియన్ నిర్దేశాంశ విధానమునకు, సాపేక్షమున కూడా ఊర్ధ్వ స్థిరతా సూత్రము సరిపడునని నిర్వచనము సాపేక్షతా సిద్ధాంతమునకు విరుద్ధముగ, ఒక విధానమునుండి మరియొక విధానమునకు మారుటలో లారెన్ ట్ ట్ థాన్స్ పాఠశాలము నిర్ణయాంశముగనున్నది.

మాక్స్ వెల్ విద్యుత్ గతి శాస్త్రమునందలి ప్రధాన సూత్రములతోడి సంయోగమున ఈ పూర్వ సిద్ధాంతముల నుండి సూక్ష్మతరమగు సమాలోచనలవలన, ఈ దిగువ సారాంశము లభించును. సరళ వేగముతో మార్పులేకుండా, అ సరళ వేగము v తో, కదులుచున్న వస్తువు వికిరణ రూపేన E_0 ఊర్ధ్వ అవశోషించిన¹, ఫలితముగా ఆ వస్తువు

$\frac{E_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ మొత్తమునకు ఊర్ధ్వ పెంపొందించుకొనును.

వస్తువుయొక్క గతి ఊర్ధ్వకుపై నొసగబడిన ఉక్తిని బట్టి సమాలోచించిన, వస్తువునకు ఊర్ధ్వ $(m + \frac{E_0}{c^2})c^2$

$\frac{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}{c^2}$ అగును.

(1) వస్తువు కదులుచున్న నిర్దేశాంశమునుండి నిర్ణయింప బడునపుడు E_0 గ్రహింప బడిన ఊర్ధ్వ.

ఈ విధముగా, v సరళ వేగముతో కదులుచున్నట్టి $(m + \frac{E_0}{c^2})$

ద్రవ్యరాశియయిన వస్తువు కలిగి యుండునంత ఊర్జను ఆవస్తువు కలిగి యుండును. ఒకవస్తువు E_0 ఊర్జ మొత్తమును గ్రహించిన యెడల వస్తువు యొక్క అడ ద్రవ్యరాశి $(\frac{E_0}{c^2})$ మొత్తముమీద పెరుగును. ఒక వస్తువు యొక్క అడత్యద్రవ్యరాశివస్తువుయొక్క ఊర్జయందలిమార్పునకు అనుగుణముగ మారునేకాని, స్థిరముగా నుండదు. వస్తువిధానముయొక్క అడత్యద్రవ్యరాశి, దానియొక్క ఊర్జా పరిమాణముగాకూడా పరిగణింపబడవచ్చు. ఒక పద్ధతినున్న ద్రవ్యస్థిరత ఊర్జస్థిరతా సూత్రముతో అవిన్నత్యము సాధించును. ఊర్జను గ్రహించుట గాని విసర్జింపటగాని జరిగింపకున్నచో ఈ

కద్దతి యుక్తి యుక్తమయినది యగును. ఊర్జ ఊక్తిని $\frac{mc^2 + E_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

అను తీరున ఉల్లేఖించిన, ఇంతవరకునూ మన దృష్టిని -అకర్షించిన mc^2 పదము, E_0 ఊర్జను శోషించుటకు ముందు వస్తువు కలిగియున్న ఊర్జకన్న తిన్నము కాదని గ్రహింతుము¹.

ఒక క్రమమునకు మనము బద్ధము గావించగలిగిన E_0 ఊర్జ నందలి మార్పులు-అడద్రవ్యరాశి విధానమందలి మార్పు గుర్తింపగలుగునంత పెద్దవిగ కాలేని కారణమున, ప్రస్తుతము, ప్రయోగముద్వారా, ఈ సంబంధము యొక్క తారతమ్య మూహించుట సాధ్యము కాదు. సూటిగా (1920; 49 పుట యందలి గమనిక చూడుడు) ఊర్జమార్పు దలకు ముందు ఉండిన ద్రవ్యరాశిలో పోల్చి చూచిన, $(\frac{E_0}{c^2})$ సూక్ష్మాతిసూక్ష్మముగ నుండును. ఈపరిస్థితి కారణముననే ద్రవ్య స్థిరత యుక్తియుక్తమై తనకుతానై నిలువగల సూత్రము, అని విజయనంశముగా స్థాపింప లేకున్నారము.

(1) వస్తువుతో కదులుచున్న నిర్దేశాంశ విధానమునుండి పరిశీలించిన

ముఖ్య స్వభావము గూర్చి తుది అభిప్రాయమును పొందు పఱచుము. [మధ్య యానము ప్రమేయము లేకుండా] న్యూటన్ గురుత్వాకర్షణ సూత్రమునకు చెందిన మాదిరిని, దూర సంఘటనలు యుగపత్ కాలి.ములగు నట్టి రీతులు లేవు అను గాఢ విశ్వాసము ఖాళిక కాస్త్రవేత్తలందు కలుగుటయే విద్యుదయస్కాంతపు దూరపు చక్రము గూర్చి ఫారడే. మాక్స్ వెల్. గావించిన వ్యాఖ్యాన విజయము యొక్క ఫలిత మయ్యెను. సాపేక్షతా సిద్ధాంతానుసారము, దూరమున కాంతి వరళ వేగముతో జరుగు చర్య దూరమునందు యుగపత్ కాలికమగు చర్యజరుగు స్థలమును, లేదా, అనంత ప్రసార గమన సరళవేగముతో దూరమునందు యుగపత్ కాలికమగు చర్య జరుగుస్థలమును గ్రహించును. ఈ సిద్ధాంతమున ౯ వరళ వేగము ప్రధానపాత్రను ధరించునను బాస్తవిక సంఘటనతో సంబంధించి యున్నది. ఈ ఫలితము సార్వత్రిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతమున ఏవిధముగ సంస్కరింప బడినదియూ చెండవ భాగమున పరిశీలంతము.

గమనిక: అల్పాకణములు, ప్రోటానులు, డూటీరానులు, న్యూట్రానులు, గానూ కిరణములవలన, మూలద్రవ్య విఘట్టన స్థలమైన, శేంద్రియ రూపాంతర కిరణ క్రమములు, ప్రవేశించుటలో, $E=mc^2$ సంబంధముతో వ్యక్తపరచబడిన ఊర్జ ద్రవ్యరాశులతుల్య ఫలము విశేషించి రూఢి అయినది. ఘట్టిత కణము (ఫోటాను) యొక్కగతిజ ఊర్జ యొక్కద్రవ్యరాశి తుల్య ఫలముతో కలిసిన, ప్రతి ఘట్టిత ద్రవ్యరాశులమొత్తము, ప్రతిఫల లబ్ధములైన ద్రవ్యరాశులమొత్తము, కన్న ఎప్పుడునూ ఎక్కువగనే యుండును. ఇక తేడా-ఉత్పాదితములయిన కణములయొక్కగాని లేక విముక్తమైన విద్యుదయస్కాంతపు ఊర్జ (ν = ఫోటానులు) యొక్కగాని చెందిన గతిజ ఊర్జయొక్క ద్రవ్యరాశితుల్య ఫలమైయున్నది. ఇదే విధమున, భారా పాతముగా, విచ్చిన్న మగుచున్న విఃరిణ కీలముగల అణువుయొక్క ద్రవ్యరాశి-ఉత్పాదితములయిన కణములయొక్క గతిజ ఊర్జ(ఫోటానుల ఊర్జ) యొక్క ద్రవ్యరాశుల మొత్తముకన్న ఎప్పుడునూ, ఎక్కువగనే ఉండును.

కేంద్రకీయ అభిక్రియలలో బహిర్గతములయిన కిరణముల యొక్క ఊర్జ ప్రమాణములు, తాదృశములయిన అభిక్రియలకు చెందిన సమీకరణములతో కలగలిపి, అధికాంశము వలకునూ, కచ్చితముగ అణుభారముల విలువ లేర్పరచుటకు సాధ్యపడుచున్నది.

అనుభవము-విశిష్టసాపేక్షతా సిద్ధాంతము:

విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతము అనుభవము వలన ఎంతవరకు నిజమై ఉంది? ఫిజిక్స్ ప్రధాన ప్రయోగ సందర్భమున లోగడ ఉదహరించిన కారణమున ఈ ప్రశ్నకు సమాధానమిచ్చుట సుకరముకాదు. మాక్స్ వెల్ లారెన్స్ బ్లౌక్ యొక్క విద్యుదయస్కాంత దృగ్గోచర సిద్ధాంతము నుండి విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతము రూపించినది. ఈ విధముగా విద్యుదయస్కాంత సిద్ధాంతమునకు బలమొసంగు అనుభవగత సంభవములన్నియు సాపేక్షతా సిద్ధాంతమునకు ఊత మొసగును. స్థిర నక్షత్రములనుండి మనలను చేరుచున్న కాంతి మీద మెరపు ప్రభావ ఫలితములను మును ముందుగ చెప్పగలుగు శక్తిని సాపేక్షతా సిద్ధాంతము సమకూర్చుచున్నది. ఈ ఫలితములు మిక్కిలి సూక్ష్మవర్ధిలవి పొందబడినవి. మరియు ఆ స్థిర నక్షత్రములను నిర్దేశించి భూమియొక్క సాపేక్ష చలనమునకు కారణ భూతమై సూచించబడిన ఫలితములు అనుభవమునకు అనుగుణ్యముగా ఉన్నట్లు కనుగొనబడినవి. స్థిరనక్షత్రముల యొక్క స్థానముల దృశ్యమాన వార్షిక చలనము సూర్యునిచుట్టు భూమి తిరుగుటవలనను, వాటినుండి మనలను చేరుచున్న కాంతి వర్ణముపై భూమికి సంబంధించి వాటియొక్క సాపేక్ష గతుల యొక్క ఉదయాంగముల (Radial Components) ప్రభావమును మనము అన్వయించ వచ్చును. డాప్లరు సిద్ధాంతము చొప్పున భౌమీయ ప్రకాశోద్గమము వలన వర్ణక్రమ రేఖలు ఉత్పాదించ బడినపుడు ఆ వర్ణక్రమరేఖల యొక్క ఉత్తర స్థిరనక్షత్రములనుండి మనకు పంపబడిన వర్ణక్రమ రేఖల స్థానములను పోల్చిచూచినచో, కొలదిపాటి స్థానభేదము వెనుకటి ఫలితముగ వ్యక్తమగును. మాక్స్ వెల్ లారెన్స్ బ్లౌక్ సిద్ధాంతముతోపాటు సాపేక్షతా సిద్ధాంతమునకు అనుకూలముగనున్న ప్రయోగ

పూర్వకవగు వాదములు లెక్కకుమిరి ఉదహరింప జాలనన్ని ఉన్నవి. అనభవమునందుఁగీడుకుపెట్టినపుడు మాక్సు వెల్ లార్ ట్ ట్ సిద్ధాంతమును మించి మరి ఏయితర సిద్ధాంతము నిరవలేదు అను సంతగా సైద్ధాంతిక సాధ్యతనవి వాస్తవముగ నియమిత మొనర్చుచున్నవి. కానియొక ఉప పరికల్పనము అనగా సాపేక్షతా సిద్ధాంతము ఉపయోగింపకుండ దానికడే భిన్నముగ కనబడు పరికల్పనమును ప్రవేశపెట్టుట వలన లార్ ట్ ట్ సిద్ధాంతముతో వ్యక్త పరచుటకు ఇంత వరకు లభ్యమయిన ప్రయోగసిద్ధము లగు విషయములు రెండు నరగతులుగ నున్నవి.

రేడియో ధార్మికత గల పదార్థములనుండి బహిర్గతమగు β కిరణములు అత్యల్పమగు అడత్వము, అతి విస్తృతమగు సరళ వేగముగల ఋణ విద్యుదావేశ కణముల (Electrons)తో కూడియున్నవి. విద్యుదయస్కాంత క్షేత్ర ప్రభావము క్రింద ఈ కిరణముల విక్షేపమును పరీక్షించుట వలన ఖచ్చితముగ ఈ కణములయొక్క చలన ధర్మమును మనము తెలుసుకొన గలుగుదుము.

ఈ ఎలక్ట్రానుల గురించిన సైద్ధాంతిక ప్రస్తావనము నందు విద్యుద్గతి కాన్త్రసిద్ధాంతమే వాని స్వభావమును గురించి వివరించలేకున్నది. ఇందు వలన మనయొక్క చిక్కును ఎదుర్కొనవలసి వచ్చినది. ఎందుచేతననగా సజాతి విద్యుత్ ద్రవరాసుల పరస్పరము వికర్షించును.¹ కనుక మనకు ఇంతవరకును అగమ్య గోచరమయిన స్వభావముగల ఇతర శక్తులు దాని మధ్యను పనిచేయుటన్న యెడల తమ పరస్పర వికర్షణ ప్రభావమునకు లోనై ఎలక్ట్రానులు అవశ్యము చెల్లాచెదురు కావింపబడును. ఎలక్ట్రాను నిర్మాణాంగికములయిన విద్యుత్ ద్రవ్యరాసుల మధ్యసాపేక్షతా దూరము ఎలక్ట్రాను చలించుకాలము మార్పు అందకు.డిన ఎడల (సాంప్రదాయక యాంత్రిక కాన్త్రిక పరిభాషను దృఢ సంబంధము) అనుభవ విరద్ధమయిన ఎల

1. గురుత్వాకర్షణ శక్తులవలన ఎలక్ట్రాను యొక్క విద్యుద్రవ్య రాసులు కట్టువడి యున్నవను సూధరి సార్వత్రిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతము వెలువరించును.

శ్రావణచలనసూత్రము మనకులభించును గమ్యమగును. కేవలము మామూలు దృక్పద్ధతి నమనరించి, చలన దిశావిముఖముగా ఎ-శ్రావణ ఆకృతి సంకోచ మునకు పాలగుననియు, ఏతత్ చలన ఫలితముగా సంచికుతమయిన నిడివి $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ అనుఉత్తరీని అనుగుణముగనుండునను పరికల్పనమును పోచ్.ఎ.

లారెన్ ట్ ట్ మొట్టమొదట ప్రవేశ పెట్టెను. (ఇటీవల సునిశితముగ ధృవ పరచబడిన ఒక విశిష్టచలన సూత్రమును.) విద్యుద్గతి కాస్త్రీయ విషయ ములలో సమర్థింపబడరాని దానిని ఈ పరికల్పనము మనకు ఇచ్చుచున్నది.

ఎలక్ట్రాను యొక్క నిర్మాణమునకు చర్యలకు సంబంధించి ఏవిధ మయిన విశిష్ట కల్పనముల అవసరములేకుండా అదేచలన సూత్రమునకు సాపేక్షతా సిద్ధాంతము శ్రోవచూపుచున్నది. ఫిజ్జా ప్రయోగమునకు సంబంధించి పదమూడవ ప్రకరణమున కాదృశ్యమగు నిశ్చయమునకు మనమువచ్చి యుంటిమి. ద్రవముయొక్క భౌతిక స్వభావమునకు సంబంధించిన పరికల్పనల సహాయము అవసరము లేకుండ సాపేక్షతా సిద్ధాంతము వలన తత్ఫలితము ముందుగనే సూచింపబడినది.

భౌమీయ ప్రయోగములందు అంతరాళమున భూమియొక్క చలనము గోచరము కాగలదా లేదా అను ప్రశ్నలోగడ మనము ఉదహరించిన విషయములు కూడిన రెండవ వర్గము ఒసగును. ఈమాదిరి ప్రయత్నము లన్నియు వ్యతిరేక ఫలితములకు దారితీయునని అయిదవ ప్రకరణములో ఇంతకుముందే అభిప్రాయమొసగితిమి. సాపేక్షతా సిద్ధాంతపు ప్రవేశమునకు ముందు వ్యతిరేక ఫలితమును సమాధాన పరచుట ఇప్పుడు చర్చించబోవు కారణముల వలన, కష్టముగ నుండెడిది. ఒక సూచిత వస్తువునుండి మరొక సూచిత వస్తువునకు మార్పుటయందు గెలిలియన్ రూపాంతరము నందలి ప్రాధాన్యత గూర్చి ఎట్టి సందేహమయిన కలుగుటకు తరతరాల నుండి కాలము స్థలము గురించిన వైమనస్య భావము సమ్మతి చూపలేదు. K సూచిత వస్తువునకు మార్క్స్ వెర్ లారెన్ ట్ ట్ సమీకరణములు సరి

వడునని ఊహించి K, K' నిర్దేశకాంశములను దూపాంశర సంబంధములు ఉన్నవని అనకొనినయెడల K కి సంబంధించి సమాన గతిని చలించుచున్న K' సూచిత వస్తువునకు మాక్స్ వెల్ లారెన్ ట్ థ్ సమీకరణములు సరిపడవని కనుగొందుము. ఈ విధముగ గెలిలియన్ నిర్దేశకాంశ విధానము లన్నింటిలో ఒకానొక చలనస్థితికి అనువైన K అనునది భౌతికముగ ప్రతిలేనిదిగ కనిపించును. అంతరాళమున కల్పిత మగు ఈథర్ తో సంబంధము కల్పి K నిశ్చలతనున్నట్లు పరిగణించి భౌతికముగ ఆ ఫలితమునకు అర్థవివరణ మొసగబడినది. అంతియేకాకుండా K కి సాపేక్షముగ చలించు K' నిర్దేశకాంశ విధానములన్నియును ఆ ఈథర్ కు సంబంధించి చలనమున ఉన్నట్లు పరిగణింపబడవలసి వచ్చెను. ఈథర్ నకు అభిముఖముగ K' చలనమునకు (K' కు సాపేక్షముగ ఈథర్ ప్రవాహము), K' సాపేక్షముగ సరిపడునని ఊహింపబడిన క్లిష్టతర సూత్రములు ఆరోపింపబడినవి. అల్పికముగ చెప్పవలెననిన అటువంటి ఈథర్ ప్రవాహము భూమికి సాపేక్షముగకూడ ఉన్నట్లు ఊహింపవలసి యుండును. చాలకాలమువరకును, భూమి ఉపరిభాగమున ఈథర్ ప్రవాహముయొక్క ఉనికిని పరిశోధించుటకు భౌతిక కాస్త్రజ్ఞులు తీవ్ర ప్రయత్నములు గావించిరి. ముఖ్యముగ గుర్తించదగిన, ఈ ప్రయత్నము లలో నొకటిని, తిరుగులేదని తోపించునట్టి యుక్తి వద్దతిని మైకేల్ సన్ కల్పించెను. దృఢమైన వస్తువుమీద పరావర్తన తలములు పరస్పరము అభిముఖములుగ నుండునట్లు రెండు అద్దములను అమర్చబడినట్లు ఊహింపుడు. ఈథరునకు సంబంధించి, విధానమంతయు నిశ్చలత నున్నయెడల, ఒక అద్దమునుండి మరియొక అద్దమునకు పోయివచ్చుటకు, నిర్దుష్టమగు నిశ్చితమయిన కాలము T ఒక కాంతి కిరణమునకు పట్టును. అయినప్పటికిని అద్దములతోకలిసి ఆ వస్తువు ఈథరునకు సాపేక్షముగ కదలుచున్న ఎడల ఈ విధాక్రమమున కాలము స్వల్పవ్యత్యాసముతో T' అని గణన వద్దతిని కనుగొనబడినది. ఇంకను మరియొక విషయము. ఈథరునకు సంబంధించిన సరళవేగము అని ఈయబడిన అద్దముల తలములకు సమాంతరముగ వస్తువు కదులుచున్నపుడుకంటె లంబముగ వస్తువు చలించు

నపుడు 'T' కాలము భేదించునని గణనపద్ధతిని చూపింపబడినది ఈ రెండు కాలములకును అంచనా ప్రకారముగల తేడా అతిస్వల్పము. వ్యతిరేకరణ పద్ధతితో ఈ స్వల్పమయిన తేడాను కనిపెట్టుటకు మైకేల్ సన్, మోర్లే అనువాదలు ప్రయోగము సల్పిరి. ఈ ప్రయోగము వ్యతిరేక ఫలము నొసగెను. అది భౌతిక కాస్త్రవేత్తలను దిగ్భ్రమంజరించెను. ఈథరుకు సాపేక్షముగనుండు వస్తువు చలనము చలనపు దిక్కుగా వస్తువునకు సంకోచము కలిగించుననియు పైన ఉదహరించబడిన కాల వ్యత్యాసమును సరిపుచ్చగలిగినంత సంకోచము ఉండుననియు అనుకొనుట మూలమున లారెన్ ట్ ట్ ఫీల్డరాట్లు అను వారలు సిద్ధాంతమును ఈ చిక్కునుండి తప్పించిరి. సాపేక్షతా సిద్ధాంతరీత్యా ఈ కష్టము సాధింపబడిన క్రమమున క్రమమై యుండునని పండ్రెండవ ప్రకరణములోని చర్చతో పోల్చి చూసిన తెలియుచున్నది. కాని సాపేక్షతా సిద్ధాంతమువలన ఈయబడిన వివరణ విధానము సంశ్చితకరమైనది. ఈ సిద్ధాంతానుసారము ఈథరు అభిప్రాయము ప్రవేశము కల్పించుటకు ప్రత్యేకముగా అభిమానింపబడిన (సాటిలేని) నిర్దేశాంక విధానమువంటిది ఏదియులేదు. కనుక ఈథరు ప్రకాశముగాని దానిని ఋజువుచేయు ప్రయోగముకాని ఉడనేరవు కనుక ఇందు విశిష్టమగు పరిశల్పనల ప్రవేశములేకుండ చలించు వస్తువుల సంకోచము సిద్ధాంతముయొక్క రెండు ముఖ్యనియమములనుండి అనుగమించును. విషయమునకు సంబంధించిన ఒకానొక సందర్భమునందు ఎన్నుకొనబడిన సూచిత వస్తువునకు సంబంధించిన చలనముతప్ప విడిచి. ఈ సంకోచమునకు సంబంధించి (మన మంతపాటి చేయజాలని) ఒక ముఖ్యకిరణమును (దాని కేవిధమయిన అర్థము తెలుపలేము) చలనముకాదని మనము కనుగొందుము. ఈ విధమున భూమితో చలించు నిర్దేశాంక విధానమున కయిన మైకేల్ సన్, మోర్లే అర్థముల విధానము కుంచించబడలేదు. పైగా సూర్యునకు సాపేక్షముగ నిశ్చలతనున్న నిర్దేశాంక విధానమునకు కుంచించబడినది,

మిన్ కౌస్కి - చతుర్మితీయ అంతరాళము

గణిత కాస్త్రములో ప్రవేశములేని యతడు చతుర్మితీయ కస్తువుల మూట వినినంతనే భూతముల భావనతో మేల్కొల్పబడినవాడు భయకంప నలకు లోనయినట్లుగా కన్పించును. అయినప్పటికి మనము నివళించు ప్రపంచము స్థలకాలముల బద్ధమయిన చతుర్మితీయ ఏకాండము అను ప్రవచనమునకు మించి, సామాన్య ప్రవచనము మరొకటి లేదు.

స్థలము క్రిమితీయమగు ఏకాండము. x, y, z అనబడు మూడు అంకముల మూలమున (నిర్దేశాంక మూలమున) ఒక లిందుపుయొక్క ఉనికి (నిశ్చలత నున్నపుడు) వివరించుటకు సాధ్యమగుననియు, ఆ మొదటి లిందుపుయొక్క x, y, z విలువలకు మనము ఎన్నుకొనదలచినంత సన్నిహితములో వరుస వెంబడిని x_1, y_1, z_1 వంటి నిర్దేశాంకముల మూలమున ఉనికిని వివరింపదగిన అనిర్ధారితమగు లిందువుల సంఖ్య x, y, z లిందువులకు పరిసరములో ఉన్నవనియు పై ప్రవచనమున మన భావమై యున్నది. ఈ రెండవ ధర్మముయొక్క శీలమును ఉద్దేశించి ఏకాండము అని మనము భాషితుంము. మూడు నిర్దేశాంకములున్న యాదార్థ్యము గొని దానిని క్రిమితీయముగ మన్నట్లు ప్రవచింతుము.

మిన్ కౌస్కివలన సంక్షిప్తముగా ప్రపంచము అను వ్యవహారికబడు తేలిక దృగ్గోచర ప్రపంచము స్థలకాలదావములో సహజసిద్ధముగ చతుర్మితీయముగ నున్నది ఎ దువలన అనగా x, y, z అను మూడు స్థల నిర్దేశాంకములు క కాలము విలువగల ఒక కాల నిర్దేశాంకము పేరు, వేరసి నాలుగు అంకముల ప్రతి సంఘటనయు వివరింపబడునట్టి ప్రత్యేక సంఘటనలతో అది కూర్చబడినది. ఈ భావమునకూడ ప్రపంచము ఒక ఏకాండమే. ఎందుచేత ననగా మొట్టమొదట ఊహించునట్లు ఒక సంఘ

టనయొక్క x, y, z, t నుండి అనిర్విశమమైన స్వల్ప మొత్తమును
 తీరించు x_1, y_1, z_1, t_1 నిర్దేశకాంకములు కలిగి తీసుకొనవలసినన్ని
 సంఘటనలు ప్రతి సంఘటనకు ఉన్నవి. కనుక ఈ శావమునరూడ ప్రపంచము
 ఒక ఏకాంశము. సాపేక్షతా సిద్ధాంతము వాడుకకు రాకముందు
 స్థల నిర్దేశకాంకములతో పోల్చి చూచిన తర్జిన్నమయిన అతిస్వతంత్ర
 మయిన పాత్రను కాలము ధరించెను వాస్తవికమయిన ఈ సామ్యపున
 థాతిః కాస్త్రమునందు ప్రపంచమును చతుర్విధీయమయిన ఏకాంశముగా
 పరిణీతించుటకు మనము అలవాటు పడియుండలేదు. స్వతంత్రమయిన
 ఏకాంశముగా కాలమును పాటించుట మనకు పరిపాటి అగుటకు ఇదియే
 కారణము. వాస్తవిక విషయమున పాంప్రదాయిక యాంత్రిక కాస్త్ర
 మున కాలము స్వతంత్రము కలది. అనగా పరమాపరి కలది.

నిర్దేశకాంక విధానమునందలి చలన విరులకును ఉనికికిని సంబంధించి
 చక స్వతంత్రించి యుండెను $t' = t$ అను గెరిలియన్ దూపాంతర
 సమీకరణముల తుది సమీకరణమున ఇది వెలువరింపబడుట మనము గమ
 నింతుము.

సాపేక్షతా సిద్ధాంతానుసారము కాలము స్వతంత్రత పోగొట్టబడి
 నది. కనుక ప్రపంచముగూర్చి చతుర్విధీయ విధానమున ఊహించుట
 సాపేక్షతా సిద్ధాంతమున స్వాభావికమై యున్నది. ఈ విషయము
 లారెన్ ట్ జ్ దూపాంతర సమీకరణములలో వర్ణనదానివలన చూపబడినది.

$$t' = t \frac{1 - \frac{v}{c} \frac{x}{c}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

ఇంకనూ ఈ సమీకరణమురీత్యా K కు సంబంధించి రెండు సంఘటనల
 కాలవ్యత్యాసము Δt అంతర్జితమయినను, K' సంబంధించిన ఆ రెండు
 సంఘటనల కాలవ్యత్యాసము $\Delta t'$ సాధారణముగా తిరోధాన

యొందదు. K కి సంబంధించి కేవలము రెండు సంఘటనల స్థలదూరము K' కి సంబంధించి అనే సంఘటనలయొక్క కాలదూరముగ ఫలించును. కాని సాపేక్షతా సిద్ధాంతపు క్రమాభివృద్ధిని ముఖ్యమయిన మిన్ కోస్కి పరిశోధన (పై వివరణమునందు లేదు) సాపేక్షతా సిద్ధాంతము యొక్క చతుర్విధీయమగు స్థలకాల ఏకాండము అతిముఖ్యములయిన క్రమధర్మము లలో యూక్లిడ్ రేఖా గణిత¹ స్థలముయొక్క త్రిమితీయ ఏకాండ ముతో అత్యంత సంబంధముచూపును. ఇదియే అతడు గుర్తించిన వాస్తవము. అయినప్పటికిని ఈ సంబంధమునకు తగిన ప్రాముఖ్య మొసంగుటకగాను (t కాల నిర్దేశాంకమునకు బదులు $\sqrt{-1.ct}$ అను ఊహా మాత్ర పరిమాణమును t కాల నిర్దేశాంకము స్థానే మనము ప్రతిక్షేపింపవలెను. ఈ పరిస్థితులలో విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతము యొక్క అవసరములను సంకృప్తిపరచు స్వాభావిక ధర్మములు గురించి మూడు నిర్దేశాంకములు వహించు పాత్రనే, కాలనిర్దేశాంకము వహించు గణితశాస్త్ర² రూపములను ఊహింపవలెను. మామూలుగా యూక్లిడ్ రేఖా గణితము నందలి మూడు స్థల నిర్దేశాంకములకు ఈ నాలుగు నిర్దేశాంకములు సరిగా సరిపడును. మనకుండు జ్ఞానమునకు ఈ అదనపు పరిజ్ఞానము చేర్చిన ఫలితముగా ఈ సిద్ధాంతము సహజముగనే గణనీయమగు స్పష్టత నందుకొన్నది. గణిత శాస్త్రము శానివానికైనను ఇది విస్పష్టము. స్వల్పములయిన యీ సూచనలు మిన్ కోస్కి సమకూర్చిన ముఖ్యాతి ముఖ్యమగు భావమునకు అస్పష్టమగు అభిప్రాయమును మాత్రమే పాఠకునకు అందియగలవు. అదిలేకుండా ముందు పుటలలో ప్రధాన భావనములు విస్తరింపబడిన సాంకేతిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతపు సుదీర్ఘ పరివేషము ముందడుగు వేయజాలక పోవును. గణితశాస్త్రానుభవములేని ఎవ్వరికయినను మిన్ కోస్కి కృషి నిస్సందేహముగా దురవగాహమే. కాని

1 కొంచము ఎక్కువ వివరణములతోకూడిన చర్చను రెండవ అనుబంధమున చూడుడు.

విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతము యొక్కగాని ప్రధానాభిప్రాయములను
అవగాహన మొనరించుకొనుటకై అతని కృషి యథాతథముగ గ్రహింప
వలసిన అవసరములేదు కనుక, దానిని ప్రస్తుతము ఇంతతో విడిచిపెట్టి,
రెండవ భాగము తుదిభాగమున మాత్రమే, దానిని ప్రస్తావింతును.

ద్వితీయ భాగము :

సార్వత్రిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతము

18

సాపేక్షతా సిద్ధాంతపు విశిష్ట సార్వత్రిక మూలసూత్రము

మన గత సమాలోచనల కన్నిటికి ముఖ్యకీలకమైన మూలసూత్రము విశిష్ట సాపేక్షత మూలసూత్రము. అనగా, సమచలనము లన్నింటికి భౌతిక సాపేక్షత మూలసూత్రము. దీని అర్థము జాగ్రత్తగా తిరిగి చిత్తపడ మొనరింతుము.

అవి మన కొనగూ కావమును లక్షించిన, సాపేక్షచలనముల ప్రతి చలనము పరిగణించబడవలెనను సంగతి సర్వదా స్పష్టమగును. మనము తరచుగ చాడిన రైలు కట్ట, రైలు పెట్టె ఉదాహరణను ఎత్తుకొని ఉభయభా సమంజసములగు ఈ దిగువ తెలుపబడిన రెండు రైలులులో సంభవించు చలనముయొక్క నిజస్వరూపము వ్యక్తపరుచ వచ్చును.

(ఎ) రైలుకట్టకు సాపేక్షచలనముగ రైలుపెట్టి చలనస్థితియున్నది.

(బి) రైలు పెట్టెకు సాపేక్ష చలనముగ రైలుకట్ట చలనస్థితియున్నది.

ఎ — లో రైలుకట్ట, బి — లో రైలుపెట్టె సంభవించు చలన విగ్ధచలనమున సూచ్య వస్తువుగ ఉపకరించును చలనమున కనుగొనుటకు గాని, వివరించుటకుగాని సమన్వితమయిన సమన్య యంత్రమాత్రమే అయినచో సూచ్య వస్తువు ఏది చలనమునకు వర్తించునో యనునది తత్వరీత్యా అంతగా పట్టించుకొనవలసినది లేదు పూర్వమే తెలిసినటుల ఇది సువిదితమే, తత్వముకూడ వ్యయంనిద్దమే, కాని, ఘన పరిశోధన

లకు ఆధారభూతముగా గ్రహించిన సాపేక్షతా సిద్ధాంత ముఖ్యసూత్ర మనబడు. తదతిరిక్తమైన సంక్లిష్టనిర్వచనముతో గ్రుచ్చి సమానమని తలచబడరాదు. మనము ఉపయోగించిన సూత్రము. ఏ సంఘటన అయినను వివరించుటకు రైలు పెట్టెనుగాని, రైలు కట్టనుగాని సమాన ప్రతిపత్తితో ఎన్నుకొనవచ్చును అను నిర్ణయముతో ఆగిపోలేము. ఇది యును స్వయంసిద్ధమే. ఈ దిగువ దానినికూడ మన ఉపయుక్తసూత్రము ఖలవరచు చున్నది.

(ఎ) సూచిత వస్తువుగ రైలు కట్టను

(బి) సూచిత వస్తువుగ రైలు పెట్టెను

ఉపయోగించుటవలన అనుభవమువలన ఆహరించబడిన ప్రకృతి సిద్ధము లగు సాంస్కృతిక నియమములను మనము సూత్రబద్ధము కావించినయెడల భౌతిక సామాన్య సూత్రములు (ఉదాహరణకు యాంత్రిక శాస్త్ర నియమ ములు, కూన్యమున కాంతిప్రసరణ సూత్రములు) రెండు పక్షములయం దును కచ్చితముగ సారూప్యము కలిగియుండును. ఈ దిగువ విధమున కూడ దీనిని తెలుపవచ్చును. స్వభావసిద్ధమగు క్రమణికలను కూర్చిన భౌతిక వివరణములకై ఒకటి మరియొకదానితో పోల్చదగిన K, K' అను సూచిత వస్తువులలో ఏవియైనను సర్వాత్మనా సమంజసమైనది కాదు. (అర్థాత్తు ప్రత్యేకముగ గుర్తింపబడినది). మొదటి నిర్వచనమువలె కాకుండ రెండవది అవసరమైన పూర్వసూత్రముగ నిలువనక్కరలేదు. గతిసూచిత వస్తువుల స్వభావముల విర్ణయమున అది అంతర్భావము నందదు. వానినుండి ఆహరింపబడినదియును కాదు. కేవలము అనుభవము మాత్రమే సమంజస అసమంజసములను నిర్ణయించ గల్గినది.

ఇంతవరకును భౌతిక సూత్రముల నిర్మాణమునకు సంబంధించి K సూచిత వస్తువుల అన్నిటియొక్క సమతుల్యత ఏ ఉపాయమునను నిశ్చయింపబడలేదు. మన ఆలోచన ఈ దిగువ ప్రణాళికను అనుసరించునది

చలనస్థితికి సంబంధించి గెరిలియన్ సూత్రము అవ్యయించు పరిస్థితిలో. K సూచిత వస్తువు ఉన్నది అను భావకల్పనలో తొలుత మనము ఐయలు చేరితిమి ఒక కణము ఇతర కణములను నుండి చాలినంత దూరములో తొలగింపబడి, దానంతట నిరాటంకముగ (స్వేచ్ఛగ) విడువబడినచో, అది ఒక ఋజురేఖమీదుగ సమవేగముతో సాగిపోవును. K కు (గెరిలియన్ సూచిత వస్తువు) సంబంధించి ప్రకృతి సూత్రములు సాధ్యమైనంత సులభముగ ఉండవలెను. కాని K తోపాటు K' సూచిత వస్తువులన్నిటికిని ఈ అర్థమున ప్రాముఖ్యత నొసగవలెను. ప్రకృతి సామాన్య సూత్రముల నిర్వచనక్రమమున అవి అన్నియు K కు సరిసమానముగ నుండవలెను. అయిన అది పరిశ్రమదా స్వభావమునందని, రేఖాత్మకముగ చలనముకలిగి ఉండవలెను. K కు కచ్చితమగు సమానమైన విలువ కలివిగ ఉండవలెను. ఈ సూచిత వస్తువుల నన్నిటిని గెరిలియన్ పద్ధతిని సూచింపబడిన వస్తువులుగ పరిగణించవలెను. సాపేక్షతా సిద్ధాంతము మూలసూత్రముయొక్క సామంజస్యము ఈ సూచిత వస్తువులకు మాత్రమేనని భావింపవలెనేకాని తదితరములకు సంబంధించదు (ఉదాహరణకు వేరు విధమైనగతిని కలిగియున్న వాటికనుట) ఈ అర్థమున మనము సాపేక్షతా విశిష్ట ముఖ్య సూత్రము లేక విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతము అని వ్యవహరింతుము.

దీనికి దిన్నముగా సార్వత్రిక సాపేక్షతా మూలసూత్రమునైన ఈ దిగువ నిర్వచనము అవగాహన కావించుకొన గోరుదుము. ముందు తెలువబోవు ఈ నిర్వచనము ఈ దిగువదీనిని ఉండును. "సూచిత వస్తువులు K, K' మొదలగున వన్నియును వాటి గతిస్థితి ఎటులున్నను భౌతిక దృగ్గోచర విషయ వివరణకు (భౌతిక సామాన్య సూత్రములకు రూపము కల్పించుటకు) తుల్యములే కాని, మనము ముందుకు సాగిపోవుటకు పూర్వము ఈ నిర్వచనక్రమము యంతకన్న అనంతరదశలో వ్యక్తము కాగలదను కారణములచే ఈ సూత్రీకరణముస్తానే గుణాత్మక ప్రధాన సూత్రము నిలుపవగునని సూచింపబడవలెను.

విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంత మూలతత్వముయొక్క అవతరణము సమర్థంబునది. కావున సాంస్కృతిక సాపేక్షతానూత్ర నిర్మాణ ప్రయత్నమున నిమగ్నమగు ప్రతి విజ్ఞానియు ఒక అడుగు ముందువేయ సాహసించును. కాని, గోచరితము, విశ్వసనీయము, నుభవము అగు సమాలోచనము కనీసము ఈ స్థితిలో అటువంటి ప్రయత్నమునందు జయము ప్రస్తుత మే విధమున నైనను, సంశయాస్పదము అనునూచనలు కనబడును. సమవేగముతో ప్రయాణము చేయుచున్న మన పూర్వస్నేహితుడు రైలు పెట్రోడకు మన మేగితిమని భావితము. సమవేగముతో అది సాగిపోవు నంతవరకును, ఆ రైలుపెట్రెలోనున్న వ్యక్తి దాని చలనమును గుర్తింపడు. అతనికి యిష్టము లేకున్నను చలించుచున్నది రైలు కట్ట, నిశ్చలతనున్నది రైలు పెట్రె అని ప్రస్తుతపు నంగతి సందర్భమున అనుకొనును ఇంకను, విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంత మూలతత్వమురీత్యా యిట్లనుకొనుట భౌతిక దృష్ట్యాకూడ సర్వాత్మనా సమంజము.

రైలు పెట్రెయొక్క సమగతికి భిన్నముగ మార్పు ఘటించబడిన యెడల, ఉదాహరణకు, బలవంతముగ శ్రేకులు వేసినపుడు పెట్రెలో నున్న వ్యక్తి దానికి అనుగుణముగ ప్రబలమైన ఆఘాతమునకు లోనగును. రైలు పెట్రెలోనున్న వ్యక్తికి సాపేక్షముగ వస్తువుల యాంత్రిక నడవడికి గతి మారగింపు స్పష్టముగ తెలియును. ఇది పూర్వసందర్భమునందు అనుకొని, యాంత్రిక నడవడికి భిన్నముగనున్నది. కనుక నిశ్చలతనుగాని, సమవేగమునున్న రైలు పెట్రెదృష్ట్యా నిరపరాధ యాంత్రిక సూత్రములు అసమవేగమున సాగిపోవు రైలు పెట్రెకు సంబంధించి సరివడు యాంత్రిక సూత్రములు ఒకటే అగుట అసాధ్యముగ కనబడును. అసమవేగముతో సాగు రైలుపెట్రెకు సంబంధించిన అన్ని సంఘటనలయందును గెలీలియస్ సూత్రము సరిపడదని స్పష్టమగును. ఇందువలన ప్రస్తుతము క్లిష్టస్థితిని సాంస్కృతిక సాపేక్షతా సిద్ధాంత మూలతత్వమునకు విరుద్ధముగ అసమవేగ గతికి ఒక విధమైన భౌతిక వాస్తవికత ఒప్పుకొనవలసి ఉండుననిపించును. కాని, ముందు తెలుపబోవుదానినిబట్టి ఈ పర్యవసానము నిలువజాలదని త్వరలో గ్రహింతుము.

19

గురుత్వాకర్షణ శ్లేతము

మనము ఒక రాతిని ఎత్తి విడిచినయెడల అది భూమిమీదనే ఏల పడ వలెను? అందుకు సామాన్యముగా వచ్చు సమాధానము - "అది భూమిచే ఆకర్షింపబడినది కనుక" - "నవ్య భౌతిక విజ్ఞానము ఈ ప్రశ్నకు వేరు విధముగ సమాధాన మొసగును. విద్యుదయస్కాంత దృగ్గోచర విషయమును విశేషశ్రద్ధతో కావించిన పరిశీలన ఫలితముగ, ఏదో ఒక మాధ్యమిక యానముయొక్క ప్రసక్తి లేకుండ దూరమున క్రియాశక్తి అసాధ్యము అను నిర్ణయమునకు వత్తుము. ఉదాహరణమునకు అయస్కాంతము ఒక ఇనుపముక్కను ఆకర్షించినయెడల మధ్యస్థలము కూన్యమైన సరాసరి తద్వారా సరాసరి ఇనుపముక్కమీద అయస్కాంతము పనిచేయునను అర్థగణనముతో మనము తృప్తిపడజాలము. "అయస్కాంత శ్లేతము" అని మనము వ్యవహరించునటువంటి ఒక పదార్థమును చుట్టుముట్టిన స్థలములో వాస్తవికతకు ఒకానొకటి అయస్కాంతము నముత్పాదించుచువిఫారడే ఊహాపద్ధతికి బలవంతముగ మొగ్గుదుము. (ఊహించుట తప్ప గత్యంతరములేని వారమగుదుము) రూఢిగ నిరంకుశత్వమున సాగిపోవు ఈ సంఘటన భావమును సమర్థించుటకై ఇచ్చట చర్చించము. నిస్సహాయముగ నుండుటకన్న ఈ ఊహాపహాయమున వైద్యాంతికముగ విద్యుదయస్కాంత దృగ్గోచర విషయము ఎక్కువ తృప్తికరముగ వివరింపబడును. అని మాత్రము ఉదాహరింతుము. ఇది విద్యుదయస్కాంత తరంగముల ప్రసారమునకు ముఖ్యముగ వర్తించును. గురుత్వాకర్షణ ఫలితములుకూడ సాదృశ్య పద్ధతిని పరిగణింపబడినవి.

భూమియొక్క చర్య రాతిమీద నూటిగా కాకుండ వేరు విధముగా జరుగును. భూమి తనచుట్టును గురుత్వాకర్షణ శ్లేతమును కల్పించును.

అది కాబట్టి పనిచేసిన పతనగతి కల్గించును. భూమినుండి దూరదూరము లకు సాగిపోవుకొలది నిర్బంశయముగ నిశ్చితమైన సూత్రానుసారము వస్తువుపై జరుగు చర్యయొక్క తీవ్రత తగ్గుచుండును. అది మగ అనుభవ కజేద్యము. మన మనుకొనినట్లు దీని అర్థము "పనిచేయు వస్తువులకు దూరముతోపాటు గురుత్వాకర్షణ చర్యయొక్క తగ్గుదల వదిగా చూపించుటకుగాను స్థలమున గురుత్వాకర్షణక్షేత్ర ధర్మములను విధించు సూత్రము లోపరహితము నిశ్చలమైనట్లుండ వలయును" దీని అర్థము యింపుమింపు యిటులుండును. "ఒక వస్తువు" (ఉదాహరణమునకు భూమి) తన్ను చేరియున్న పరిసరములలో సక్రమముగ ఒక క్షేత్రమును కల్పించును. గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రములయొక్క స్థలమునకు వర్తించు ధర్మములను, కాపించునట్టి సూత్రమువలన వస్తువునుండి దూరదూరముగ తొలగింపబడు ఆయా బిందువులయొద్ద తీవ్రతయు, దిశయు నిర్ణయింపబడును.

విద్యుత్ క్షేత్రమునకు, అయస్కాంత క్షేత్రమునకు భిన్నముగ గురుత్వాకర్షణక్షేత్రము గణనీయమగు ధర్మమును ప్రదర్శించును. ఈ దిగువ కారణములచే దాని ప్రముఖసాత్ర తెలియవచ్చును. గురుత్వాకర్షణ క్షేత్ర ప్రభావమునకు మాత్రమేలోబడి చలించు వస్తువులు, వాటి మూల పదార్థముమీదగాని, వాటి భౌతిక స్థితిమీదగాని వినయంతైనను ఆధారపడి ఉండనట్టి త్వరణ (Acceleration) ము అందుకొనును. ఉదాహరణ మునకు నిశ్చలస్థితి యందుండిగాని, లేక ఒకే ప్రారంభ వేగముతోగాని ఒక సీసపు తునక ఒక కట్టముక్క కూన్యమున గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రమునుండి ఒకేరీతిగ పడును. కచ్చితమైన ఈ సూత్రము ఈ దిగువ సమాలోచన దృష్టి యింకొకవిధముగ వ్యక్తికరింపవచ్చును.

మ్యాటను గతి సూత్రములనుండి ఈ క్రింది సమీకరణమును పొందితిమి.

$$F = m \times a \quad \text{ద్రవ్యరాశి} \times \text{త్వరణ}$$

ఇందు జడత్వ ద్రవ్యరాశి (Inertial mass) త్వరణమునకు వస్తువుయొక్క స్థిర లక్షణము. గురుత్వాకర్షణ త్వరణము కారణభూతమైనచో ఈ శ్రేణి సమీకరణమును పొందుచుము

$F = (గురుత్వ ద్రవ్యరాశి) \times (గురుత్వాకర్షణ శ్రేణి దీర్ఘత)$
ఇందు గురుత్వ ద్రవ్యరాశి పూర్వమువలె వస్తువుయొక్క స్థిర లక్షణము. ఈ రెండు విధములగు సమీకరణములనుండి ఈ ఫలితము లభించును :-

$$త్వరణ = \frac{గురుత్వ ద్రవ్యరాశి}{జడత్వ ద్రవ్యరాశి} \times (గురుత్వాకర్షణ శ్రేణి దీర్ఘత)$$

ఇక పదార్థముయొక్క స్వభావముమీద, పరిస్థితిమీద ఆధారపడకుండ త్వరణ యుండినయెడల దత్త గురుత్వాకర్షణ శ్రేణిమునకు సదా ఒకే తీరున ఉండినయెడల గురుత్వ ద్రవ్యరాశిని, జడ ద్రవ్యరాశిని గల నిష్పత్తి అన్ని వస్తువులకు ఒకటే అయి ఉండవలెను అని మనము అనుభవమున గ్రహింతుము. తగురీతిని ఎన్నుకొనిన ప్రమాణములతో ఈ నిష్పత్తిని మనము ఏకాంకమునకు సమముగ చేసికొనవచ్చును. ఒక వస్తువుయొక్క గురుత్వాకర్షణ ద్రవ్యరాశి దాని జడ ద్రవ్యరాశికి సమానము.

ఈ ముఖ్యసూత్రము ఇదివరకే యాంత్రిక శాస్త్రమున తెలుపబడినది - అనుటవాస్తవమేకాని అది వివరింపబడలేదు. ఈ దిగువ వాస్తవమున గుర్తించినపుడే తృప్తికరమైన వివరణము లభించును. జడత్వము లేక భారము (బరువు) అని పరిస్థితుల కనుగుణముగ వస్తువుయొక్క ఒకే గుణము వ్యక్తమగును. రాబోవు ప్రకరణమున ఈ విషయము సరిగా ఎంతవరకు నియమబద్ధమో సాపేక్షతా సిద్ధాంతముయొక్క సామాన్య స్వీకృత పక్షమునకు ఎట్లు సంబంధము కలదో నిరూపింతుము.

జడత్వ, గురుత్వద్రవ్యరాశులతుల్యత - సాపేక్షతా
నీధాంతముయొక్క సామాన్య గృహీతమునకు-వాదముగ

గెలెలి ప్రాతిపదిక సూత్రమునకు కావలసిన షరతులన్నియును, ఇంచుమించుగ సరిపోవుటలు. నక్షత్రములు తదితర గురుతర ద్రవ్యరాశులనుండి తొలగింపబడిన భూశ్యమైన స్థలభాగ మొకటి మన ముందున్నట్లుగ ఊహించము. నిశ్చలతనున్న లిండుపులు నిశ్చలత్వమునను సమవేగముతో సరళ రేఖాగతినున్న లిండుపులు కాశ్యవముగ చలనమునను. సాపేక్షముగ మన్న ఈ స్థలభాగమునకు (ప్రపంచము) గెలెలియన్ సూచిత వస్తువుకు ఎన్నుకొనుట అవుడు సాధ్యమగును. గది, గదిలోపల పరిశీలకుడు, పరిశీలకునకు వలసిన పరిధరములు కలవనుకొందము. అట్టి గదిని పోలిన ఒక వికార మందనము (పెట్టె)ను సూచిత వస్తువుగ ఊహించము. గురుత్వాకర్షణము ఆ పరిశీలకునకు స్వభావసిద్ధముగ మండదు. అతడు చారము లతో తనను ఆ మందనపు క్రింది పరికమునకు దిగించుకొని యుండవలెను. తేనిపడమున క్రింది పరికమునకు కొంచెము ఘాతము కల్గిన అఘాతము అతడు గది పై భాగముపైపు (కప్పనకు) మెల్లగా లేచుటకు కారణభూత మగును. ఆపెట్టె మూత మధ్యభాగమునకు వెలుపలితట్టున ఒక కొక్కెము, కాపడముచేయబడినది. దానికొక త్రాడు కట్టబడినది. ఇకఒకప్రాణి (అది ఏ ప్రాణి అను విషయముతో మనకు నిమిత్తములేదు) స్థిరమైన శక్తితో దానిని తాగ నారంభించును. అప్పుడు పరిశీలకునితోసహా మందనము సమత్వరణగరి గతితో పైకి లేవ నారంభించును. త్రాటితో తాగబడ నటువంటి మరియొక సూచిత వస్తువునుండి అది అంతయును మనము గమనించుతుండినచో కాల క్రమేణా దాని వేగము ఊహకందని అసాధారణ వేగమును అందుకొనును.

అయితే మందసమునందున్న వ్యక్తి ఈ ప్రక్రియను ఎట్లు పరిగణించును? మందసముయొక్క త్వరణ మందసపు నేలయొక్క ప్రతిచర్యనలన అతనికి వంపబడును. నేలమీద సాగిలపడినట్లు పడకుండా మండవలెనని కోరుకొనినచో, తన పాదముల నవాయమున ఈ ఒత్తిడిని తట్టుకొనవలెను. భూమిమీద ఒక యింటిగదిలో నిలబడునపుడు సరిగా ఒక వ్యక్తి చేయు విధమున అతడు మందసములో నిలుచుండును. అంతకుముందు తన చేతి యందు పట్టుకొనిన ఒక వస్తువును జారవిడిచినయెడల మందసముయొక్క త్వరణ ఈ వస్తువునకు ఏ మాత్రమును అందింపబడదు ఈ కారణమున సాపేక్షాత్తి త్వరణతో మందసముయొక్క నేలపై ఆ వస్తువు చేరుకొనును. “ప్రయోగమునకై ఏ రకపు వస్తువు నుపయోగించుట తటస్థించిననూ మందసపు నేలపై పునకు వస్తువుయొక్క త్వరణ సరా ఒకే పరిమాణమున నుండును”.

గురుత్వాకర్షణక్షేత్రమును గూర్చిన ఈ పరిజ్ఞానమును, గతప్రకరణమున చర్చింపబడిన విధమున ఆధారముగ చేసికొని మందసములోనున్న వక్తి కాలమునకు సంబంధించి స్థిరమైన గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రములో తాను, మందసము ఉన్నట్లు పర్యవసానమునకు వచ్చును. కాని ఈ గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రములోనికి మందసము ఎందుకు పడుటలేదు? అని ఒక ఊహము అతడు దిగ్బ్రతుకు లోనగును. అంతలో అతడు మందసపు మూత మధ్యభాగమునగల కొక్కెమును, దానికి తగిలించిన త్రాడును కనుగొనును. గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రములో ఆ మందసము నిశ్చలస్థితిలో వ్రేలాడుచున్నదను తుది నిశ్చయమున కతడు వచ్చును.

ఆ వ్యక్తిని చూచి మనము వర్షి అతడు తుదినిశ్చయమున పొరపడి నాడనవలెనా? మనము సంగతముగ మండగోరిన మన మాతవి నిశ్చయమును పరిపాసించలేము; పైగా పరిస్థితిని అతడు అవగాహన చేసికొనిన పద్ధతి తర్కమును తెలిసిన యాంత్రికసూత్రములను తప్పి చనలేదని మనము ఒప్పుకొనవలసియున్నది. మొట్టమొదటలో అనుకొనిన గెలెలియన్

స్థలమునను సంబంధించి త్వరణ అధికము కావించుచున్నప్పటికి మండ
సము నిశ్చలతనున్నదని పరిగణింపలేము. ఒకదాని కొకటి సంబంధించి
త్వరణ పెరుగుదలనున్న సూచిత వస్తువులుకూడ కలిసివచ్చునట్లుగ సాపే
క్షతా సిద్ధాంత మూలతత్వమును విస్తృతము కావించుటకు తగిన ఆధార
ములు మనకు లభ్యమైనవి తత్ఫలితముగ సాపేక్షతా సిద్ధాంతము
యొక్క గృహీతమును సర్వసామాన్యము కావించుటకు, లలియమైన
వాదాంశమున కరగతమైనది ఇందు ఈ క్రింది విషయము బాగ్రత్తతో
గుర్తింపవలెను. ఒకే ఒక త్వరణ అన్ని వస్తువులకు యిచ్చునట్టి గురుత్వా
కర్షణ షేత్రముయొక్క ముఖ్యసర్వముమీదను అనగా జడత్వ గురుత్వ
ద్రవ్యరాశుల తుల్యతామాత్రము అనుదానిమీదను పై పద్ధతిని వ్యాఖ్యా
నించుటలోగల సాధ్యత ఆధారపడియున్నది. ఈ స్వాభావిక సూత్రము
ఉండనిచో గురుత్వాకర్షణ షేత్రకల్పనముమీద వ్యక్తి చుట్టునుగల వస్తు
వుల నడవడిని వివరించుటకు త్వరణలోనున్న మందసమునందలి వ్యక్తి
పనుడ్తును కాకుండును. అతని సూచితవస్తువు నిశ్చలతనున్నట్లు ఊహిం
చుటలో అతని అనుభవము ఆధారముగ అతని నిర్ణయము సమంజసము
కాదు.

మందసమునందున్న వ్యక్తి మూత లోపలిభాగమునకు త్రాడును
బిగించెననియు, తాను రెండవకొవకు ఒక వస్తువును తగిలించెననియు
అనుకొందము. అప్పుడు క్రిందికి నిట్టనిలువుగ త్రాడు సాగియుండుట
దీనిఫలితము కాగలదు. ఈ తన్యతకు (Tension) గల కారణమును
గూర్చి మందసమునందున్న వ్యక్తి అభిప్రాయమును అడిగిన అత డిట్లు
సమాధానమియును. “వ్రేలాడదీయబడిన వస్తువు గురుత్వాకర్షణ షేత్ర
ములో అధోశక్తిని అనుభవగతము గావించుకొనును. త్రాడుయొక్క
తన్యతవలన ఇది ప్రతిహతమగుచున్నది త్రాడు యొక్క తన్యతయొక్క
పరిమాణము నిర్ణయించునది వ్రేలాడదీయబడిన వస్తువుయొక్క గురుత్వ
ద్రవ్యరాశియైయున్నది” అంతరాళమునందు స్వేచ్ఛగా స్థిమితముగనున్న

మరియొక వరిశీలకుడు వస్తువుల వరిస్థితిని యిట్లు వివరించును. "మంద సముయొక్క త్వరణగతితో బలవంతముగ త్రాడు పాల్గొనును. అది ఈ చలనమును దానికి తగిలించియున్న వస్తువునకు అందించును. వస్తువు త్వరణపై ప్రభావము కనబర్చుటకు సరిగా సరిపోయినంత ఆ త్రాటి తన్వత వున్నది ఆ త్రాడుయొక్క తన్వత పరిమాణమును నిర్ణయించునది వస్తువుయొక్క జడత్వ ద్రవ్యరాశియై యున్నది. ఈ ఉదాహరణము ఆధారముగ గొనినచో సాపేక్ష సిద్ధాంత మూలకత్వ విస్తృతిలో జడత్వ గురుత్వ ద్రవ్యరాశుల తుల్యతా సూత్రముయొక్క అవశ్యకత సమన్వయ మైనదని గమనింతుము. ఈ విధముగ ఈ సూత్రముయొక్క భౌతికార్థ వివరణము లభ్యమైనది.

త్వరణగతినున్న మందసము గూర్చి చేసిన విచారణములమండి సార్వత్రిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతము గురుత్వాకర్షణ సూత్రముమీద ముఖ్యమైన ఫలితముల నందించవలెను. యదార్థమునకు సాపేక్షతా సిద్ధాంత ముయొక్క సర్వసామాన్యాలిప్తాయముతో క్రమానుబద్ధమైన అనుసరణ గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రమువలన సమాధానపరుపబడిన సూత్రములనే పూరించినది. ఇప్పుడు పురోగమించుటకు ముందు ఈ సమాలోచనవలన సూచించబడిన ఒక తప్పుడు భావములకు లోనుగాకూడదని పాఠకులను హెచ్చరింపవలసియున్నది. మొదట ఎన్నుకొనబడిన నిర్దేశక విధానము నకు గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రము వంటిది ఒకటి లేదనునది వాస్తవిక విషయమునకు విరుద్ధమైనను మందగమునందున్న వ్యక్తి నుద్దేశించి ఒక గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రమున్నది. ఇప్పుడు గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రముయొక్క అస్తిత్వ మెల్లప్పుడును దృశ్యమానమే అని ఊహించవచ్చును. స్వపరముగ గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రము లేనటువంటి మరొక సూచిత వస్తువును మనము సర్వదా ఎంచుకొనుటకు అవకాశమున్నదని అనుకొనవచ్చును. ఉన్నట్టి గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రము ఎట్టిదైనను లెక్కింప అవసరములేదు విశిష్ట స్వరూపమున నున్నవాటినితప్ప విడచి ఇది ఏ విధముగను గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రము అన్నిటికంటే సత్యము కానేరదు. ఉదాహరణమునకు దాని

వ్యస నిర్ణయించబడిన విధమున భూమియొక్క (సర్వసంపూర్ణముగ) గురు శ్వాకర్షణ కేంద్రములేని సూచిత వస్తువును ఎన్నుకొనుట అసాధ్యము.

పదునెనిమిదవ ప్రకరణము చివర సా పేక్షత సిద్ధాంతముయొక్క సర్వసామాన్య సూత్రమునకు వ్యతిరేకముగ ప్రతిపాదించిన వాదము యే సమ్మతముకాదో యిప్పుడు మనము గ్రహింపగలము. బ్రేకు మవయోగించిన దానికి ఫలితముగ రైలు పెద్దెలోనున్న ప్రయాణీకుడు ముందుకు తూలిపడుటకు కారణము తెలుసుకోగలడు. మరియు పెద్దె యొక్క అవమగతిలోని (వేగక్షీణత) ఈ ప్రక్రియయందు గుర్తించు ననునది పరమసత్యము. కాని పెద్దెయొక్క వాస్తవ త్వరణకు (వేగ క్షీణతకు) ఈ కుదుపు కారణమని అనుకోనవలసినదిగా ఎవరివలనను అతడు ప్రభో ధించబడలేడు. అతడు తన అనుభవమును ఈ విధముగకూడ వివరింప గలడు. “నాసూచిత వస్తువు (రైలు పెద్దె) కాశ్వత నిశ్చలతనున్నది. దానికి సంబంధించి (బ్రేకులువేయు కాల వ్యవధిలో) పురోభాగమునకు మరలింపబడినదనియు కాలమునకు సంబంధించి మార్పు నందునదియు అగు ఒక గురుశ్వాకర్షణ కేంద్రమున్నది. వెనుకబడుచున్న రైలుకట్ట భూమిలో పాటు గతి వేగము విడవకుండ మందగింపబడురీతిని అశమవేగముతో ననో రైలుకట్ట ఆ కేంద్ర ప్రదానమునకులోనై సాగిపోవును.

సాంప్రదాయక యాంత్రిక శాస్త్రముల సూత్రములు విశిష్ట
సాపేక్షతా సిద్ధాంతముయొక్క మూలసూత్రములు
ఏ ఏ విషయములలో అసంతృప్తికరములుగ నున్నవి?

ఈ దిగువ సూత్రములనుండి సాంప్రదాయక యాంత్రిక శాస్త్రము
ఆరంభమగుచున్నదని ఇంతకుపూర్వము చాలాసార్లు ప్రవచించియుంటిమి.
“ఇతర పదార్థ కణములనుండి తగినంత దూరమునకు తొలగింపబడిన
పదార్థ కణములు సమవేగముతో నరళరేఖ మార్గమున సాగిపోవును
లేక నిశ్చల స్థితిలో నుండిపోవును”. ఒకానొక అనన్యమైన గతి
స్థితులను కల్గియుండి ఒకదాని కొకటి సాపేక్షముగ అనువదించనగు
సమవేగమున నున్నట్టి K కి సంబంధించిన వస్తువులకు సూత్రమే
ఈ ఆధారసూత్రము సమంజసమేనని వచేవచే చొక్కి చెప్పియుంటిమి.
ఇతర సూచితవస్తువులు K కి సాపేక్షముగ ఈ సూత్రము సమంజసము
కాదు. సాంప్రదాయక యాంత్రిక శాస్త్రములలోను విశిష్టసాపేక్షతా
సిద్ధాంతములోను, ఉభయత్రా అంగీకరింపబడిన స్యాభావిక సూత్రములు
సరిపడునని సాపేక్షముగ చెప్పబడినటువంటి K సూచిత వస్తువు
లకును, ఈ సూత్రములు సాపేక్షముగ సరిపడనటువంటి K సూచిత
వస్తువులకును నడుమగల తేడాను మనము వేర్పరుప గలుగుదుము. కాని
ఈ విధమగు వరిస్థితులతో తర్కమాధారముగ వినరించు ఏ వ్యక్తియు
యింతటితో సమాధానపడడు. అదియునుగాక అతడి విధముగ ప్రశ్నిం
చును : “కొన్ని సూచిత వస్తువులు (లేక వాని గతి స్థితులు) తదితర
సూచిత వస్తువులు (లేక వాని స్థితిగతులు) కన్న అగ్రస్థాన మీయబడుట
యెట్లు తటస్థించును? ఈ ప్రశ్నేకతకు కారణమేమి?” ఈ విధముగ
ప్రశ్నించుటలో నేను భావించినది స్పష్టము చేయుటకు ఒక సాదృశ్యమును
చూపుదును.

ఒక వాయు ప్రావృత శ్రేణియందు నేను నిలుచుంటివి. ఒకదానికి
యింకొకటిగ ప్రమింపచేయగలుగు ఒకే పోలికనున్న రెండు మూకుళ్లు

ప్రక్కప్రక్కగ ఆ శ్రేణిని నిలబెట్టుబడియున్నవి. ఆ రెండు మూకుళ్ళు సగమువరకు నీటిలో నింపబడినవి. ఒకే మూకుడునుండి ఆవిరి పొగలు రేగుట నేను గమనించును. రెండవదానియందు దటులలేదు. వాయు ప్రాప్యశక్తిశ్రేణిగాని మూకుడునుగాని అంతకుపూర్వము నేనెన్నడును చూడకున్నను పై ఘటనకు నేను ఆశ్చర్యపడుదును. రెండవ మూకుడు క్రిందనుండి కాకుండ మొదటి మూకుడు క్రిందనుండి నీలికాంతిగల జ్యోతి ఒకటి ఆవిరిని పరిశీలించుచున్నదని గ్రహించి ఆశ్చర్యపడలేదని నేను చెప్పగలను. ఒకవేళ రెంటియందునను నీలివర్ణాత్మకమైన జ్వాల లేక పోయి ఒకటి ఆవిరిని నిర్గమింప జేయుచు యింకొకటి అటుల చేయుచున్న యెడల నేను ఆశ్చర్యపడినట్లే యుండును. మరియు ఆ రెండుమూకుల్లు యొక్క భిన్నప్రవర్తనకు అపొడిచగల్గు పరిస్థితులను కనుగొనునంతవరకు నాకు తృప్తిపడదు.

K, K' సూచిత విధానమునకు సంబంధించి- ఆ వస్తువుల భిన్నభిన్న ప్రవర్తనగురించి ఆలోచించి ఆరోపింపవచ్చు. వాస్తవికమగు ఏదేని ఒక పాత్రను సాంప్రదాయిక యాంత్రిక శాస్త్రమున (లేక విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతమున) ఎంత వెదకినను అది వృధాదే.¹ న్యూటను ఈ ప్రతిబంధకమును గమనించి, దానిని త్రోసిపుచ్చుటకై యత్నించి కృతకృత్యుడు కాలేపోయెను. కాని అందరికన్న చాలా విస్పష్టముగ ఇ మార్క్ దీనిని గుర్తించెను. ఈ ప్రతిబంధకమువలననే యాంత్రికశాస్త్రము ఒక నూతన ఆధారసూత్రముపై నిలువవలెనని అతడు భావించెను. గతి స్థితి ఏదైనప్పటికి ప్రతియొక సూచిత వస్తువునకును సాంస్కృతిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతమువంటి దాని సమీకరణములు పరిపడును. కాని ఆ సిద్ధాంతమును అనుసరించునట్టి భౌతికశాస్త్ర సహాయమున అప్రతిబంధకమును తొలగించుకొనవచ్చును.

(1) సూచిత వస్తువుయొక్క గతిస్థితి ఆ వస్తువు ఆధారపడియుండుటకు కావ్యకారణ మేదియు కోరని స్వభావము కలదై నపుడు ఈ ప్రతిబంధకము చాలముఖ్యమైనదగును. ఉదాహరణము : సూచిత వస్తువు పనుచేగమున పరిభ్రమించునట్టి వందరృము.

సాంస్కృతిక సాపేక్షతా సిద్ధాంత మూలసూత్రమునుండి వెలువడు కొన్ని నిగమనములు

శుద్ధసైద్ధాంతిక విధానమున సాపేక్షతా సిద్ధాంత సాంస్కృతిక సూత్రము గురుత్వాకర్షణ షేత్ర రర్మములను రాబట్టినగు దశకు మనలను చేర్చినదని యిరువదన ప్రకరణమునందలి సమాలోచనలు నిరూపించును. ఉదాహరణమునకు గెలిలియస్ సూచితవస్తువు K కు సాపేక్షముగ గెలిలియస్ మండలములో సంఘటిల్లు స్వాభావిక ప్రక్రియ నడవడి యెట్లు లున్నను దానియొక్క స్థలకాల ప్రగమనము మనకు తెలియునని అనుకొందము. K కి సాపేక్షముగ త్వరణ అతిశయించునట్టి K' సూచిత వస్తువు నుండి చూచిన యీ తెలిసియున్న స్వాభావిక విధానము యెట్లు కనిపించునో శుద్ధసైద్ధాంతిక ప్రక్రియల మూలమున (కేవలము గణన విధానమున) మనము కనుగొనగలిగినచార మగుదుము. కాని K' అను క్రొత్తగ సూచిత సంబంధించి గురుత్వాకర్షణ షేత్రముండును. కనుక పరిశీలించిన వద్దతిని వస్తువునకు గురుత్వాకర్షణ షేత్ర, మెట్లు తన ప్రభావము కనబరచుచున్నదియును కూడ మనము సమాలోచించిన ప్రక్రియ తెలియజేయును

ఉదాహరణమునకు - K కు సంబంధించి (గెలిలి సూత్రానుగుణ్యముగ) సమవేగముతో సరళరేఖా గతిస్థితిలో నున్నటువంటి వస్తువు, అతిశయించుచున్న త్వరణ గతినిగల K' సూచిత వస్తువునకు (మండనమునకు) సంబంధించి త్వరణతోకూడిన ప్రకృతాగతిని వస్తువునకు కల్గించుచున్నది. ఈ త్వరణగాని, వంపుగాని K' కు సాపేక్షముగ వ్యాపించిన గురుత్వాకర్షణ షేత్రమున కదలుచున్న వస్తువుమీది ప్రభావమునకు సంబంధించి యుండును మన సమాలోచనలవలన మనకు ముఖ్యమైన సూతన విషయ మేదియును సమకూర్చబడలేదు ఈ విధమున వస్తువుల చలనములపై గురుత్వాకర్షణ షేత్రము ప్రభావము చూపుచున్నదని మనకు విశదమైనది.

అయితేను కాంతికిరణ సాదృశ్యమున సమాలోచనలు సాగించి నపుడు అతిముఖ్యమైన సూక్ష్మఫలితమును మనము పొందుదుము. K అను గెలలియన్ సూచిత వస్తువునకు సంబంధించి అట్టి కాంతికిరణము C గతి వేగములో ఋజుమార్గమున పంపబడినది. త్వరణగతి మందనము (K సూచిత వస్తువునకు) సంబంధించి దానిని గడించినపుడు ఆ కాంతికిరణ మార్గము ఋజురేఖను ఉండదని సులభముగ చూపవచ్చును. దీనినుండి సర్వసామాన్యముగ కాంతి కిరణములు గురుత్వాకర్షణ తేజ్రములలో వక్రమార్గమున ప్రసరింపబడునని మనము తుదినిశ్చయమునకు వస్తుము.

రెండు సందర్భములందు ఈ ఫలితము చాలముఖ్యమైనది. మొదటిది : కొలుత దానిని వాస్తవికతతో పోల్చవచ్చును. అవరణమున మన ఆధీనముననున్న గురుత్వాకర్షణ తేజ్రములకు సాంస్కృతిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతమువలన కాంతి కిరణముల వక్రత స్వల్పాతిస్వల్పముగ మాత్రమే ఉండునని నమస్కను కూలంకషముగ పరీక్షించుటవలన తెలియుచున్నది. కాని సూర్యునినంటి పతనము చెందుచున్న కాంతి కిరణముల లెక్కించిన విరిమాణము 1.7 సెకనుల భావము. ఇట్లవి ఈ దిగువరీతిని స్వయముగ తేటతెల్లము కావించనగును భూమినుండి చూడబడిన కొన్ని నక్షత్రములు సూర్యునికి పరిసరముల నున్నట్లు కనుపించును అందుచేత సంపూర్ణ సూర్యగ్రహణ కాలమున దానిని పరిశీలించుటకు అవకాశము లభించును. అట్టి సమయములందు ఖగోళమున యింకొక భాగమున నున్నపుడు ఆ భాగమున చాటి దృశ్యమానమగు స్థానముతో పోల్చబడినపుడు అవి పైన సూచించబడిన మొత్తముచే సూర్యునినుండి విడివడినట్లు కనబడవలయును. దీని ఋజుత్వము లేక ఈ నిగమనముయొక్క పరిశీలన అతిముఖ్యమైన సమస్యగ నున్నది. సాధ్యమైనంత త్వరలో ఖగోళ శాస్త్రవేత్తలు విడదీయుదురని ఆశింతుము. రెండవది : విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతములోని ముఖ్యమైన ఊహాకల్పనముల రెండింటి ఓకటిగ నేర్పడినదియు యింతకు పూర్వము మనము తరచుగ ఉదహరించినదియు అయినటువంటి "ఊహ్యతలో కాంతిసరళ వేగస్థిరత్వసూత్రము, సాంస్కృతిక సాపేక్షతా సిద్ధాం

కానుసాధము నిరవధికముగ సామంజస్యమును బడయ జాలదని ఈ ఫలితము చూపును. కాంతి ప్రసారణ సరళవేగము స్థానములో మారుచున్నపుడు మాత్రమే కాంతికిరణముల వక్రత సంఘటిల్లును దీని ఫలితముగ విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతము దానితోపాటు సాపేక్షతా సిద్ధాంతము యావత్తు బూడిదపాలై నట్లు మన మిక భావించగలము. కాని వాస్తవముగ యిది సరికాదు. సాపేక్షతా సిద్ధాంతము హద్దుకు లోనుగాని సామంజసమును బడచుజాలదు - అనిమాత్రము మిది నిశ్చయమునకు వత్తుము. గురుత్వాక్షణజేత్ర ప్రభావమును దృగ్గోచర విషయములపై మనము త్రోసిపుచ్చగల్గు వంతవరకును తత్ఫలితములు సరివడును. ఉదా: కాంతి సాపేక్షతా సిద్ధాంతమును వ్యతిరేకించువారు సాంకేతిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతమువలన విశిష్టసాపేక్షతా సిద్ధాంతము తిరస్కృతము గావించబడినదని తరచుగా వాదించుదురు. కావున సమంజసమైన సాదృశ్యము సహాయమున విషయమునకు చెందిన అంశముల సత్యతను స్పష్టము గావించుట బహుళ! యుక్తి సంగతమగును. విద్యుద్గతికాస్త్రము అభివృద్ధినందకపూర్వము విద్యుత్ స్థితి కాస్త్ర నియమములు విద్యుత్ నియమములుగా భావించబడినవి. ఒకదాని కొకటిగను నిరూపక విధానమునకు సాపేక్షముగ విద్యుత్ ద్రవ్యరాశులు పూర్ణ నిశ్చలతనున్న సందర్భములో మాత్రమే విద్యుత్ స్థితి కాస్త్రీయ సమాలోచనలనుండి విద్యుత్ జేత్రములు సరిగా ఉత్పన్నము కాగలవని ప్రస్తుతము మనకు తెలియును. వై సందర్భము వాస్తవికముగ సాధ్యము కాకపోయినను ఈ కారణము నెత్తుకొని విద్యుత్ గతికాస్త్రములోని మాక్స్వెల్ యొక్క జేత్ర సమీకరణమున విద్యుత్ స్థితి కాస్త్రము తిరస్కృతమైనదని నిజముగ మనము చెప్పగల్గుదుమా? అట్లెంతమాత్రమును కాదు. విద్యుద్గతి కాస్త్రములో

(1) రాయల్ అండ్ రాయల్ అస్ట్రినామికల్ సొసైటీల సహకారమున వారిచే సన్నిధము కావించబడిన రెండు వాహనికయాత్రల సందర్భమున నక్షత్ర చాయా చిత్రముల మూలమున సిద్ధాంతమున కవసరమైన కాంతి వివరణముయొక్క అస్తిత్వము 1919, 20 మే తేదీన పట్టిన మార్గగ్రహణ సమయమున ధృవభదురపడినది. దీని అనుబంధము చూడుడు.

ఒక హద్దునకు బద్ధమైన ఒకానొక విషయముగ విద్యుత్ స్థితి శాస్త్రము నకు స్థానము కలదు. కాలమునకు సంబంధించి తేత్రములు స్థిరమైనట్టి సందర్భమున విద్యుత్ గతిశాస్త్రము మాత్రములు మాటిగా విద్యుత్ స్థితి శాస్త్రము మాత్రములకు దారితీయును. పరిమితతత్వము సమకూర్చు ఒక విషయముగను సహజీవనముగల్గి ఇంతకన్న అతిశయమైన ఒక బృహత్ సిద్ధాంత పరిచయమునకు శానంతట అదేదారిని సూచించవలెనేగాని అంతకు విశేషించి ఏ భౌతిక సిద్ధాంతమునకును, మనము గమ్యమును విధించలేము.

గురుత్వాకర్షణ తేత్రము లేనపుడు యంతకుముందుగనే తెలుపబడిన సావ్యతావిక విధాన మాత్రములయొక్క మార్గానుసారము గురుత్వాకర్షణ తేత్రముయొక్క ప్రభావము సైద్ధాంతికముగ వెలువరించుటకు సాంస్కృతిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతమునకు సహాయపడునని యంతకు ముందుగనే పేర్కొనిన కాంతి పారగమన ఉదాహరణమున మనము కనుగొనియుంటిమి. కాని సాంస్కృతిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతము సమస్యను పరిష్కరించు ఉపాయమువంటి అత్యంతాకర్షణీయమగు సమస్య స్వయముగ గురుత్వాకర్షణ తేత్రమువలన ఋజుత్వము బడసిన నియమములతో సంబంధించినది. కొంచము అగి దీనినిగురించి అలోచింతము.

స్థలకాల మండలములతో మనము పరిచయము పర్వర్తించుకొని ఉంటిమి. తగురీతి నెన్నుకొనిన సూచిత వస్తువునకు లోనైన గెలిలియన్ సమూహాను అవి వర్తించును. అనగా గురుత్వాకర్షణ తేత్రము లిందు లేవు. ఏ రకము చలనమునైనను కలిగియున్న K' సూచిత వస్తువునకు అటువంటి మండల మొకదానిని మన మిప్పుడు అలోచించినవిషయ K' నకు సాపేక్షముగ స్థల కాలములకు సంబంధించి మారుచుండు గురుత్వాకర్షణ తేత్రము సంస్థితమై యుండును¹. ఈ తేత్ర స్వభావము K' కు ఎంచుకొనిన చలనముమీద ఆధారపడియుండును. సాంస్కృతిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతరీత్యా పై విధముగ పొందనగును. గురుత్వాకర్షణ తేత్రము

1. ఇది 20 వ ప్రకరణమునందలి చర్చావమీకలనముననుసరించును.

అన్నింటికిని గురుత్వాకర్షణ శక్తి సర్వసామాన్య మాత్రములు సంకృప్తి
గనవలెను. ఈ విధమున గురుత్వాకర్షణ శక్తిములన్నియు ఏ మార్గము
వను ఉత్పన్నము గావించబడ లేనప్పటికిని, ఒకానొక ప్రత్యేక రకమునకు
చెందినటువంటి గురుత్వాకర్షణ శక్తిములనుండి సర్వ సామాన్యమగు
గురుత్వాకర్షణ మాత్రము కన్పించబడవచ్చునని మన మాసింపవచ్చును.
అతి సుందరముగ ఈ అళ సాధింపబడినది. కావి, విఃప్రప్తముగ గోచరించు
దృశ్యమునకును, దానిని వాస్తవముగ సాధించుటకును నడుమను కష్టాతి
కష్టమైన అటంకమును తొలగించుట అవసరము. ఇది లోతుగ పాతు
కొనుటచేత దానిని పాతకులకు తెలువకుండ ఉండలేను. ఇంక స్థలకాల
ఏకాంధము గూర్చి మన అభిప్రాయములను విస్తరింపజేయుట మన విధి.

పరిశ్రమించు సూచిత వస్తువుపై గడియారములు కొలత కడ్డీలు ప్రవర్తించు విధము

సాధ్యత సాపేక్షతా నిర్ధారణ సందర్భమున స్థలకాల దత్తాంశముల యొక్క భౌతిక వివరణమును గురించి యంతవరకు ఉద్దేశ్య పూర్వకము గనే చేసు తెలుపలేదు. పరిశీలనముగ విశిష్ట సాపేక్షతా నిర్ధారణము మండి మరకు తెలిసినంతవరకు ఒక విధముగ అనవసరముగ కాలయాపనము చేసితిమి. ఆ విషయమున నేను దోషి నైతిని. మరి యిక ఇప్పుడు ఆ లోపనమునకు ప్రతిక్రియచేయు నమయ మానప్ప మైనది. కాని ఈ విషయము పాఠకుని సహనముపై నను. అతని ప్రత్యేక భావనాశక్తి మీదను పాఠ్యభాగము వహించునని ఆదియందే చెప్పక తప్పదు.

ఇంతకుముందు తరచుగ ఉపయోగించిన పూర్తిగ విశిష్టమైన సందర్భములలో మన మారంభించుము 'చలనస్థితి అనుకూలముగ ఎన్నుకొనబడిన K సూచిత వస్తువుకు సాపేక్షముగ గురుత్వాకర్షణ కేంద్రముండని స్థలకాల మండలమును తీసికొందము. అట్లు అనుకొనిన మండలములకు సంబంధించి K అప్పుడు గెలిలియస్ సూచిత వస్తువగును. మరియు విశిష్ట సాపేక్షతా నిర్ధారణ పరిణామములు K కి సాపేక్షముగ సరిపడును. K కి సంబంధించి సమవేగముతో పరిశ్రమించుచున్న K' ఆకు కేంద్రవ సూచిత వస్తువుకు సంబంధించిన మండలముకూడ అదే అని అనుకొందము. కేంద్రమునకు సంబంధించి తన తలమున సమవేగముతో పరిశ్రమించుచున్న వస్తువు వృత్తాకారపు నిశ్చల స్థితి K' ఉన్నట్లుగ మన అప్రిసాయములు స్థిర మొనర్చుకొనుటపై ఉపాంతము K' నిల్లమీద వివరిత కట్టతిని కూర్చుండిన ఒక పరిశీలకుడు సార్వత్రికలో ఒక శక్తి పనిచేయుచు గుర్తించును. ప్రప్రథమ వస్తువు K' కు సంబంధించి నిశ్చలమగునై పరిశీలకునివలన అది అదృష్ట పరిణామముగ (కేంద్ర విముఖశక్తిగ) దానిని వ్యభాషించును.

కాని విశ్వమీదనున్న పరిశీలకుడు తానుండిన చక్రాకారపు విశ్వము నిశ్చలతనున్న సూచిత వస్తువుగ పరిగణించును. సార్వత్రిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతము ఆధారమున అత డట్లు భావించుట సమంజసమే అగును. తనమీదను, చాస్తవమునకు చక్రాకారపు విశ్వకు సాపేక్షముగ నిశ్చలత నున్న తదితర వస్తువు లన్నింటిమీదను పనిచేయు శక్తిని అతడు గురుత్వాకర్షణశక్త్ర ఫలితముగ లెక్కించును. అయినప్పటికి ఈ గురుత్వాకర్షణ శక్త్రముయొక్క స్థల వితరణము స్వాటను గురుత్వార్షణ సిద్ధాంతము మీద సాధింపరాని ఒక ప్రత్యేకత కలదియైయున్నది¹. కాని పరిశీలకుడు సార్వత్రిక సాపేక్ష సిద్ధాంతమును విశ్వసించును తనుక యిది అతనిని కలవరపెట్టదు. సరిగా వక్షత్ర గతులనేకాక తన అనుభవగత మైన శక్తి శక్త్రమును కూడా అర్థవివరణము కావించగల సూత్రమును సార్వత్రిక గురుత్వాకర్షణ నియమము సూత్రీకరింపగలదని విశ్వసించు వపుడు అతను శేవలము సరియగు మార్గముననే ఉన్నాడు.

గడియారములు, కొలత కడ్డిలు తీసికొని తన వృత్తాకారపు విశ్వపై పరిశీలకుడు ప్రయోగమును చేయును. అట్లు చేయుటలో 'K' విశ్వకు సంబంధించిన స్థలకాల మూల సిద్ధాంతముల భావముగూర్చి తన పరిశీలన మీద ఆధారపడి యున్నటువంటి సరియైన నిర్వచనములు సాధించుట అతని ఉద్దేశ్యము. ఈ ఉద్యమమున అతని అనుభవమేమి?

చక్రాకారపు విశ్వకు సాపేక్షముగ నిశ్చలత నుండునట్లు చక్రాకారపు విశ్వయొక్క కేంద్రమువద్ద ఒకదానిని, అంచువద్ద మరియొక దానిని, సరిసమానముగ తయారుచేయబడిన రెండు గడియారముల రెండు ప్రదేశములను వుంచుటతో అతడు తన ప్రయోగమును మొదలిడును.

1. చక్రాకార విశ్వ కేంద్రమున ఈ శక్త్రము కానరాదు. మరియు మనము చెలువంటు సాగిపోవుకొంది ఈ శక్త్రము కేంద్రమునుండి గల దూరము నకు సంబంధ సామ్యముతో వృద్ధి నొందును.

పరిశ్రమింపని గెలిలియన్ నూచిత వస్తువు K యొక్క దృక్పథమునుండి వమాన వేగముతో ఆ రెండు గడియారములు పోవుచున్న వా అని మనము ప్రశ్నింపము. ఈ వస్తువునుండి నిర్ణయించిన చక్రాకారపు విశ్వయొక్క కేంద్రముననున్న గడియారమునకు సరళవేగములేదు. అంచువద్దనున్న గడియారము పరిశ్రమణ ప్రతిఫలముగ K కి సాపేక్షముగ చలనమున నున్నది. టినితో వెటనే వచ్చెండవ ప్రకరణమున పొందిన ఫలితము ననుసరించి K నుండి పరిశీలించునపుడు అంచుననున్న గడియారము కేంద్రమువద్దనున్న గడియారముకన్న సదామందతర వేగమున పోవునని తెలియును. కేంద్రమువద్ద గడియారమునకు ప్రక్కప్రక్కగ కూర్చుండినట్లు మనము ఊహించిన పరిశీలకునికంటె అదే ఫలితము గుర్తింపబడుట స్పష్టమగును. ఈ విధముగ విశ్వమీదను, యింకా సర్వసాధారణ సందర్భములలోను ప్రతి గురుత్వాకర్ష షేత్రములోను గడియారము నెలకొల్పబడిన స్థానమునకు (నిశ్చలత) అను గుణముగ అది ఎక్కువ త్వరగాగాని తక్కువ త్వరగాగాని పోవును. ఈ హేతువుచే నూచిత వస్తువునకు సంబంధించి విశ్వలస్థితియం దమర్చబడిన గడియారముల సహాయమున కాలమునకు సరియైన నిర్వచనము పడయుట సాధ్యముకాదు అట్టి సందర్భమునందు మనము యిదివరలోనే యుగవత్కాల నిర్వచనము ఉపయోగించుటకు పూనుకొనినపుడు అటువంటి చిక్కె సహజముగ కటస్థమగును. ఈ సమస్యను యింతకన్నలోతుగ ఆలోచించ తలచలేదు.

అటుపై ఈ దిశయందు స్థల నిర్దేశాంశముల నిర్వచనము కూడ దుష్కరమైన చిక్కులను తెచ్చిపెట్టును. పన్నెండవ ప్రకరణమురీత్యా చలనము దిక్కుగ చలించు వస్తువులకు ప్రాస్యము అను బాధ తటస్థించును. కనుక గెలిలియన్ వద్దతి ననుసరించి నిర్ణయించిన కడ్డి పొడవు ఒకటికన్న తక్కువగనుండును. కనుక (విశ్వయొక్క అర్థ వ్యాసముతో పోల్చి చూచిన పొట్టిగనుండు కాలత కడ్డిని పరిశీలించు ప్రమాదమును

(గ్రహించి) విశ్వయొక్క అంచునకు స్పర్శరేఖ మార్గమున ఉపయోగించిన యెడల ఆ కొలత కడ్డీ ఒకటికన్న తక్కువగును ఇంక మరి వ్యాసార్థము దిక్కుగ విశ్వకు కొలత కడ్డీని వ్రవయోగించిన యెడల K నుండి నిర్ణయించిన ప్రకారము ఆ కొలత కడ్డీకి పొడవునందు తగ్గుదల అనుభవగతియు కాదు అప్పుడు పరిశీలకుడు తన కొలత కడ్డీతో మొట్టమొదట విశ్వయొక్క పరిధిని కొలిచి తదుపరి విశ్వయొక్క వ్యాసమును కొలిచి ఒకదానిని మరియొకదానిచే భాగించిన వచ్చు విధి క్తము మనకు పరిచితమైన గా 8.14..... సంఖ్యను కాకుండ ఆ తరువాత ఎక్కువ సంఖ్యను పొందును¹. అయితే K కి సంబంధించి నిశ్చలతనున్న చక్రాకారపు విశ్వతో ఈ ప్రయోగము చేసిన, సరిగగా విలువయే వచ్చును. అన్ని స్థానములయందును ఎల్ల అభిష్టావముల యందును కొలత కడ్డీ పొడవు ఒకటి అని ఆరోపించివచ్చుటకని పరిశ్రమించుచున్న విశ్వపైగాని సర్వ సాధారణముగ ఒక గురుత్వాకర్షణ తేత్రములోకాని యూక్లిడ్ తేత్ర గణితమందలి స్రవేయములు కచ్చితముగ సరిపడవని పై విషయము ఋజువు చేయును. ఇందువలన సరళరేఖామీది అభిప్రాయములు అర్థ రహితములగును. కనుక విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతమునుగూర్చి చర్చించునపుడు ఉపయోగించిన సాధన పద్ధతివలన విశ్వకు సాపేక్షముగ x, y, z నిర్దేశాంకములను నిర్దుష్టముగ నిర్వచించలేని స్థితియందున్నాము మరియు నిర్దేశాంకములు ఘటనా కాలములు నిర్వచించబడనంతవరకు అవి తటస్థించు స్వాభావిక సూత్రములకు సరియైన అర్థమును మనము ఈయలేము. ఈ విధమున సార్వత్రిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతము ఆధారమున

(1) K కి సాపేక్షముగ (K' కి సాపేక్షముగ గురుత్వాకర్షణ తేత్రము వ్యాపించును) విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతము యొక్క ఫలితముల ఋజుత్వము కేవలము మనము ఆరోపించుకొనునది కనుక సమాలోచన కంఠకు సూచిత వస్తువుగ (పరిశ్రమించని) గెలిలియో విధానమున మనము ఉపయోగించవలెను.

గావించిన వెనుకటి నిర్ణయములన్నియు సమంజసములేనా అని ప్రశ్నించ
వలసి వచ్చును. చాస్త్రవమునకు పరిగా సాంస్కృతిక సాపేక్షతా సిద్ధాంత
మేయొక్క గృహీతమును ఉపయోగించుటకై సూక్ష్మాతిసూక్ష్మ పరిశీల
నము చేయవలసియున్నది. అందులకై పాఠకుని రాబోవు విషయభాగ
ములందు సువరిచితుని కావింతును.

యూక్లిడియన్ మరియు యూక్లిడియన్ కాని ఏకాంశము

నాముండొక పాఠశాల ఫలికమున్నది. ఉపరితలము విస్తృతమై యున్నది. అల్లమీద ఒక్కొక్క బిందువునుండి దాని సన్నిహిత బిందువునకు అవిరామముగా నేను పోగలను. ఈ విధానమును పెక్కుతడవులు అతిక్రమించుచు, ఆ పరికమీది ఒక బిందువునుండి మరియొక బిందువును చేరగలను లేక దీనినే యింకొక విధముగ వివరించవచ్చును. దుముకకుండ ఒక బిందువునుండి మరియొక బిందువునకు పోవుటవలన ఆ కార్య మొనర్పగలము. ఇందు "సన్నిహితము" "దుముకుట" అని మాటలలోనే. నా భావము పరివర్తనంత స్పష్టముగ చెప్పితి నని పాఠకుడు తప్పక ప్రశంసించునని నమ్ముదును (అతడు విద్యాగర్విష్టుడుమాత్రము కాకున్న యెడల) ఉపరితలము యొక్క ఈ ధర్మమును ఏకాంశము లేక నైరంతర్యము (Continuum) అను పదముతో విస్తృతము చేయగలము. పాఠశాల ఫలికముతో పోల్చి చూచిన ప్రమాణమున పొట్టిగనుండి సమానమైన పొడవుగల సహసంఖ్యాకములైన కడ్డీలు కలవని ఊహితము. అవి సమాన పొడవుగల వనుటలో వానిని ఒకదానిపై ఒకటి వుంచిన తరుండింటి కొనలు ఒకదాని నొకటి అతిక్రమించవని నా భావన. కర్ణములు సమానమైన పొడవుగ నున్నట్లు అచ్చిన్న కడ్డీలు వాల్గింటిని చతుర్భుజోకారముగ (నిలుచదరము) ఏర్పరచితిని. ఆ కర్ణముల సమానత్వము ప్రత్యక్షించు కొనుటకై ఒక చిన్నకోణ కడ్డీని ఉపయోగించనగును ఒక చదరముయొక్క కడ్డీ ఇంకొక చదరమునకు సరిసమానమైనదిగా నుండునట్లు మొదటి చదరమునకు సరిసమానమగు చదరములను కల్పకొనుచు పోదగును. పాఠశాల ఫలికము యావత్తు సమ చతుర్భుజములతో పరచుకొనుచు నిండిపోవుటల చేయుచు పోవలెను. ఒక చద

రముయొక్క ప్రతి భుజము రెండు చదరములకును ప్రతియొక్క మూల నాలుగు చదరములకును చెందునట్లు పై అమరిక ఉండవలెను.

విశేషించినంత పెద్ద శ్రమ యేమియును లేకుండగనే ఈ రచన నిర్వహించుకొన వచ్చునుట వాస్తవముగ శత్రుమే. ఈ దిగువ విషయమును గూర్చి ముముక్షుమాత్రము ఆలోచించవలసి యుండును. ఏ సమయమునను మూడు చదరములు ఒక మూలను కలిసినయెడల అప్పుడు అంతక్రితమే నాల్గో చదరము యొక్క రెండు భుజములు ఏర్పరువబడి యుండును. ఏ తత్ఫలితముగ చదరము యొక్క మిగిలిన రెండు భుజములయొక్క అమరికయు అతకుపూర్వము పూర్తిగ నిశ్చయింపబడి యున్నది. దాని కర్ణములు సమానముగ ముందునట్లు చతుర్భుజము నవరించుట వావలన కాకుండును. అవి తమకు తాముగ సమానమైనయెడల పాలతాతి ఫలకముయొక్క చిన్న కడ్డీల విశిష్టమైన అనుగ్రహమును నేను ఆశ్చర్యముతో అభినందించవలసి యుండును. నిర్మాణము జయప్రదము కావలయుననిన అటువంటి వింతలు చాల మన అనుభవమునకు వచ్చును.

ప్రతి విషయము వాస్తవమునకు సక్రమముగ జరిగిపోయినయెడల దూరము (రేఖాంతరము) అని వ్యవహరింపబడిన అచిన్న కడ్డీకి సంబంధించి పాలతాతి ఫలకము యూక్లిడియన్ ఏకాండముగ యేర్పడెనని నేను నలుకుదును. ఒక చదరముయొక్క మూలను [మూలస్థానముగ] సెంచుకొని రెండు సభ్యుల సహాయమున మూలస్థానమునకు సంబంధించి ప్రతి చదరముయొక్క మూల గుణలక్షణముల వివరింపగలను. మూలస్థానము మొదలిడుకొని విచారణచేయు చదరము చేయుటకు కుడివేపునకు, ఎడవ మీదికిని నేను పొగినపుడు ఎన్ని కడ్డీలను చాటవలసియుండును అను విషయమును మాత్రము నేను విశదీకరింపవలసి యుండును. ఈ చిన్న కడ్డీల అమరిక మూలమున నిర్ణయింపబడు కార్టీషియన్ నిర్దేశాంశ

విధానమునకు సంబంధించి ఆ రెండు సంఖ్యలు, ఆ మూలయొక్క కార్టిషియన్ నిర్దేశాంకములుగ నున్నది.

ఈ సంఖ్యావిత ప్రయోగమునకు ఈ దిగువ సవరణము వినియోగించి ప్రయోగము విజయవంతముకాని సందర్భములు కూడ నుండవలయునని షణ్ము గుర్తించుము. ఉష్ణోగ్రతాధిక్యమునకు నమ సంబంధసామ్యమున ఆ కడ్డీలు వ్యాకోచమందెనని అనుకొందము. అపుడు ఆ బల్లమీద ప్రతి దశమ చిన్న కడ్డీలలో రెండు ఏకీభవించునట్లుగ ఏర్పరుపగలము. తాతి పరిక మధ్యభాగము మాత్రమే, చుట్టు కొలత కాకుండ. మరము వెచ్చ చేయుమము. బల్లకు వెలుపలి భాగముననున్న కడ్డీలు వ్యాకోచము చెందకుండ మధ్య విదేశమునందలి కడ్డీలు వ్యాకోచము చెందుటచేత వెచ్చ దనము చేయునపుడు మన చదరముల నిర్మాణక్రమము అవశ్యము తారుమారగును.

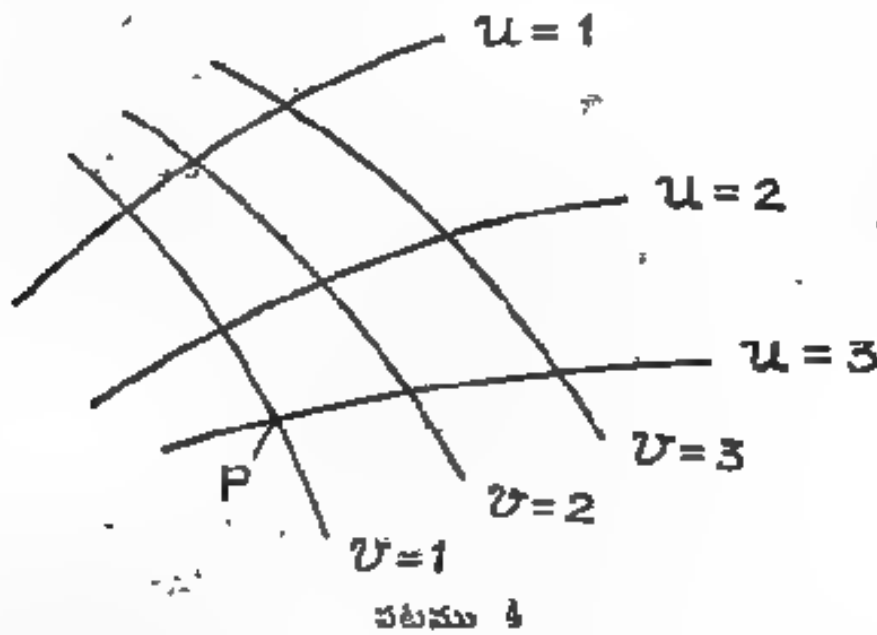
పై నిర్మాణక్రమము తారుమారగుటవలన యేక సంఖ్యాక ప్రమాణముగ నిర్వచించబడిన చిన్న కడ్డీలకు సంబంధించి యూక్లిడియన్ ఏకాండముగ పాలతాతి పరికమరి నిలువజాలదు ఆ కడ్డీల సహాయమును గొని నూటిగ కార్టిషియన్ నిర్దేశాంకములను నిర్వచించలేని కలిస్థితి వస్తుము. ఇదే వరుసను ఆ చిన్న కడ్డీలకు ఉష్ణోగ్రతా ప్రభావమునకు లోనుగాని యితర వస్తువులు (అనలు అటువంటివి లేకుండ ఉండవచ్చును) ఉన్నవి గనుక పాలతాతి పరిక యూక్లిడియన్ ఏకాండముగ నున్నదను అభ్యమును అతి స్వాభావికముగ నిలచుటకు సాధ్యమగును. కొంత విధానమును గూర్చిగాని, లేక పొడవుల కారతమ్యములను గురించిగాని నూత్న తరమైన భావితములను నమకూర్చుకొని చో ఈ రచన శృప్తికరముగ జేయవచ్చును. ప్రతియొక్క రకమునకైన (అనగా ఏ పదార్థముతో నిర్మితమైనదైనను) కడ్డీలు వ్యత్యస్తముగ వెచ్చతేమలకు పాలతాతి ఫలకముమీద నున్నపుడు, ఉష్ణోగ్రతా ప్రభావమునకు సంబంధించి, ఒకే విధమున వర్తించినయెడల, పైన వివరింపబడిన సాదృశ్య ప్రయోగములో

మన కడ్డీలు తేత్రగణితపద్ధతి నడవడికన్న ఉష్ణోగ్రతా ఫలితములు గుర్తించుటకు వేరు విధానము లేకపోయినయెడల, మన కడ్డీలయం దొకదాని రెండు కొనలను ఫలికముమీది రెండు బిందువులతో ఏకీకరించునట్లు చేయగలిగినయెడల ఆ ఫలికముమీది రెండు బిందువులకు ఒక దూరము నిర్ణీతము చేయుటయే మనకు ఉత్తమమైన ఉపాయము. ఏలనన, వట్టుదల ప్రధానముగ పేతుబద్ధముకాకుండ పెద్దఎత్తున మనక్రమము వ్యవహరింప బడకుండ దూరము అనునది మనమిట్లు నిర్వచింతుము. కార్టీషియన్ నిర్దేశాంక విధానము త్రోసివేయబడవలెను. ¹ దృఢమైన వస్తువులకు యూక్లిడియన్ తేత్ర గణితమువృష్ట్యా సమంజసముకాని మరియొక విధానము ఆ స్థానమున నిలువవలయును. ఇందు వివరింపబడిన పరిస్థితి సాపేక్ష సిద్ధాంతముయొక్క సర్వసాధారణ గృహీతము (28 వ ప్రకరణము) మూలమున రాబట్టిన దానికి అనుగుణముగ నుండునని పాఠకులు గుర్తించవచ్చును.

(1) గణిత శాస్త్రజ్ఞులు మన సమస్యను ఈ విధముగ ఎదుర్కొవిరి. యూక్లిడియన్ త్రిమితీయ స్థలములో ఉపరితలము (ద్వివృత్తజము) ఈయ బడినయెడల సమముగ తలమునకు సరాసరిగ ఉన్నంత ద్విమితీయ రేఖా గణితము ఆ ఉపరితలమున కుండును. త్రిమితీయ యూక్లిడియన్ ఏకాండమునకు ఈ ఉపరిభాగము చెందునను సంభవనీయమును ఉపయోగింపకుండ, మొదటి మూల తత్వమునుండి ద్విమితీయ రేఖా గణితము సాధించు దుర్వృత్తకార్యమునకు (గాస్) అను గణిత శాస్త్రజ్ఞుడు పూనుకొనెను. (పాలతాతి పలికమీద పువయోగించినట్టి పూర్వపుమాదిరివంటి వానిని) ఉపరిభాగమున దృఢమైన కడ్డీలతో నిర్మాణము తరుగబడినటుల ఊహించినయెడల యూక్లిడియన్ తేత్ర రేఖా గణితముయొక్క ప్రాతిపదికమీద వచ్చు సూత్రములకంటె భిన్నసూత్రములు వానికి సరిపడునని మనము ఊహించుము. కడ్డీలకు సంబంధించి ఉపరితలము యూక్లిడియన్ ఏకాండము కాదు. ఉపరిభాగములు కార్టీషియన్ నిర్దేశాంకములచే నిర్వచింపవేరము. ఉపరిభాగమున రేఖా గణిత సంబంధ మర్యాదను పాటించునట్టి మూలసిద్ధాంతములను గాస్ సూచించెను. బహు ప్రమాదాత్మకమగు యూక్లిడ్‌నకు చెందని ఏకాండము ప్రస్తావించిన రీమన్ విధానమునకు మార్గమును సూచించెను. సాపేక్ష సిద్ధాంతమునకు సర్వసామాన్య గృహీతము తీసికొనరాదు వ్యావహారిక చిక్కులను ఆ విధముగ గణిత శాస్త్రజ్ఞులు చాలకాలము క్రితమే సాధించియుండిరి.

గాసీయన్ నిర్దేశాంకములు

గాస్ వద్దతి వనుసరించి, వైశ్లేషిక విధిని రేఖా గణిత వద్దతిని తోడించి, ఈ సమస్యలను లక్షించి ఈ దిగువ ప్రకారము నిర్ణయమునకు వత్తుము (4వ పటము చూడుడు.) ఇల్ల ఉపరితలపై గీయబడిన ఇచ్చాను గతిక వక్రరేఖా విధానమును ఊహితము. వినిని మనము u వక్రరేఖ



అని పేర్కొనబడును. ప్రతి యొకదానిని ఒక్కొక్క సంఖ్య మూలమున నూచితము రేఖాచిత్రమున $u=1, u=2, u=3$ అనునవి గీయబడిన వక్రరేఖలు $u=1, u=2$ అను వక్రములపై అనుకూల సంఖ్యకములయినవియు, అవి అన్నియు 1, 2 సంఖ్యల మధ్యన వాస్తవిక సంఖ్యలకు అనుసంబంధించినవియు, రేఖలు గీయబడినవని ఊహితము. ఇప్పుడు u వక్రముల విధానము తటస్థించినది. దట్టము, అనంతము అగు ఈ రేఖా విధానము ఇల్ల ఉపరి తాగమునంతయు ఆక్రమించును. ఈ u

వక్రములు ఒకదాని నొకటి ఖండించుకొనరాదు. ఉపరి భాగముయొక్క ప్రతియొక్క బిందువుగూడా ఒకేఒక వక్రరేఖ పోవుచుండవలెను. పాల తాతి వలక ఉపరిభాగమున ప్రతి యొక బిందువునకూ, పూర్తిగా నిర్దిత మైన విలువ u కల్గుదును. అదే విధమున, ఉపరిభాగమున గీయబడిన " v " వక్రరేఖ విధానమునుంతుము. ఇ ఊహ వి " v " వక్రముల పరమ లన్నియు పూర్ణ మొనరించును. ఒక్కొక్కదానికి తదను బంధమున ఒక్కొక్క సంఖ్య వానికి సంకల్పింపబడెను. ఇవికూడ వెనుకటివలెనే పేతుబద్ధములుగా ఉండవచ్చును. ఆ బల్ల ఉపరిభాగమున ప్రతి బిందువు నకు ఒక్కొక్క " u " విలువ " v " విలువ కలిగియుండును. ఈ రెండు సంఖ్యలనూ బల్ల ఉపరి భాగముయొక్క నిర్దేశాంకములు (గాసియన్ నిర్దేశాంకములు) అని అందుము. ఉదాహరణమునకు రేఖ పటమున P అను బిందువు $u=3$, $v=1$ అను గాసియన్ నిర్దేశాంకములను గలిగి ఉన్నది. ఉపరిభాగమున పరిసరమున P , P' లు

$$P : u, v$$

$$P' : u+du, v+dv$$

అకు అను సంబంధించియుండును. ఇందు du , dv అతి సూక్ష్మ సంఖ్య అను సూచించును (అతి సూక్ష్మ సంఖ్య సాంకేతికముగ, ముందును) ఇదే విధమున ఒక చిన్నకట్టితో కొలువబడి ds అను సూక్ష్మ సంఖ్య మూలమున P , P' అనుధ్య గతదూరమును (రేఖాంతరము) మనము సూచించవచ్చును అప్పుడు గాన్ సిద్ధాంతరీత్యా

$$ds^2 = g_{11}du^2 + 2g_{12}dudv + g_{22}dv^2$$

వచ్చును ఇందు g_{11} , g_{12} , g_{22} లు u v మీద పూర్తిగా నిధిని ఆధారపడియున్న పరిమాణములు u వక్రము, v వక్రములకు సాపేక్షముగ కట్టి నడివడిను నిర్ణయించును. ఈ విధమున బల్లయొక్క ఉపరి భాగ

మునకు సాపేక్షతయూ, నిర్ణయమగును. ఈ సందర్భమున చర్చితమైన ఉపరి భాగముననున్న బిందువుల సందర్భమున కొంత కద్దీలతో సూచించబడిన యూక్లిడియన్ ఏకాండము ఏర్పడును ఈ సందర్భమున మాత్రము

$$ds^2 = du^2 + dv^2$$

అని సులభముగ వచ్చునట్లుగ సంఖ్యాక్రమబద్ధముగ 'u' వక్రములు, 'v' వక్రములు గీయుట సాధ్యమగును. ఈ పరిస్థితులలో యూక్లిడియన్ రేఖా గణితముయొక్క భావమున 'u' వక్రములు 'v' వక్రములు సరళ రేఖలు. మరియు, అవి ఒకదాని కొకటి లంబముగ నున్నవి-ఇక అప్పుడు గాసియన్ నిర్దేశాంకములు ఛార్లీషియన్ నిర్దేశాంకములే అగును. "స్థలములో (in space) సన్నిహిత బిందువులతో కూడియుండి, సంఖ్యానీకపు విలువలయందు, ఒకదానినుండి ఒకటి ఇంచుక భేదిల్లునట్టి స్వభావము గలిగియుండి, చర్చితమైన ఉపరితల బిందువులతో రెండువర్గముల కయిన సంఖ్యల కలయికతప్ప ఏదీచి గాస్ నిర్దేశాంకములు వేరేమియు కావని" స్పష్టమగును.

ఇంతవరకును ఈ సమాలోచనలు ద్విమితీయమగు ఏకాండమునకు సరిపడును ముందు; వాలుగు మరియు అంతకుమించిన "మితు"ల ఏకాండమునకు గాసియన్ విధానమును వినియోగించవచ్చును. ఉదాహరణమునకు వాలుగు మితులుగల ఏకాండము అందుకాటులోనున్న దను కొనినయెడల ఈ దిగువ విధానమున సూచించవచ్చును నిర్దేశాంకములు అనలకు x_1, x_2, x_3, x_4 అను వాలుగు ఇచ్చానుగతికములగు సంఖ్యలు, ఏకాండముయొక్క ప్రతి బిందువుతో 'కలయిక' ముడింపవచ్చును. అప్పుడు బిందువుల్గు నిర్దేశాంకముల అనన్నపు విలువలకు అను సంఖ్యములుగ నుండవచ్చును. ds దూరము P, P' అను అన్న బిందువులతో కూడియుండిన భౌతిక శాస్త్ర దృష్ట్యా కొలుచుటకు అనుకూలపడి విశదముగ నిర్వచించనగు ఈ దూరమునకు ఈ దిగువసూత్రము సరిపడును.

$$ds^2 = g_{11}dx_1^2 + 2g_{12}dx_1dx_2 + \dots + g_{44}dx_4^2$$

ఇందు g_{11}, \dots మొదలగువాని పరిమాణములు ఏకాంశమునందలి స్థానముతో మార్పునందు విలువలు కలిగియుండును. ఏకాంశము యూక్లిడియన్ ఏకాంశముగ నున్నపుడు మాత్రమే

$$ds^2 = dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2 + dx_4^2$$

అని సులభప్రాయముగ వచ్చునటువంటి ఏకాంశముయొక్క విందువులతో x_1, \dots, x_4 నిర్దేశాంశములు కూడియుండుట సుభవమా. ఈ సందర్భమున మన త్రిమితీయమగు కొలతలో సరిపడు వానికి సాదృశ్యముగ మళ్ళీ చతుర్మితీయమగు ఏకాంశముతో పోల్చుకుమరును.

ఏది యెటులయినను మనము వైచిత్త్యము ds^2 కి యిచ్చినటువంటి గాను పద్ధతి సదా అచలమైరించదు. చిత్రించుకోవు ఏకాంశమునందలి చాలినంత చిన్న ప్రదేశములు యూక్లిడియన్ ఏకాంశములుగ పరిగణింపబడినపుడే అది సాధ్యమగును ఉదాహరణమునకు, ఇది బల్లయొక్క పాతాళి వలకకు సందర్శించియు స్థానికోష్ఠోగ్రతా వ్యత్యాసమునకు సందర్శించియు సరిపడుట స్పష్టము. పరిమేయ చిన్నభాగమునందలి ఉష్ణోగ్రత అనుభవపూర్వకముగ, స్థిరమునందును. యూక్లిడియన్ రేఖగణితకాస్త్ర నిబంధనలకు అనుకూలముగ ఉండవలసినట్టి విధముగ ఇంచుమించు కడ్డీయొక్క రేఖ గణితపు నడవడికయు ఉన్నది. కనుక, గత ప్రకరణమునందలి చరముల నిర్మాణమునగల లోటుపాటులు బల్ల ఉపరిభాగమున, కలమున చాలాభాగము వరకును ఈ నిర్మాణము సాగిపోవునంత వరకును స్పష్టముగ కన్పించవు.

వైచిత్త్యము నంతయును ఈ దిగువ ప్రకారము సంక్షేపించవచ్చును. సర్వసామాన్యముగా ఏకాంశములుగ గణితకాస్త్ర మర్యాదమ గాను ఒక సర్వసామాన్యపద్ధతిని కవిపెట్టెను. అందులో పరిమాణ సంబంధములు (సన్నిహిత విందుల మధ్యదూరము) నిర్వచించెను.

ఒక ఏకాంశము యొక్క ప్రతి బిందువునకునూ ఏకాండము ఎన్ని మితులు కలిగియున్న అన్ని సంఖ్యలను (గాసియన్ నిర్దేశాంకము లను) నిర్ణయించెను. నిర్ణీతమయినదానికి ఒక అర్థము కలిగి ఉండునట్లును, ఆ సంఖ్యలు (గాసియన్ నిర్దేశాంకములు) లేక్కకు రానంత చిన్న మొత్తముల కేడాలోనున్న సంఖ్యలు, అన్న బిందువులకు ఈయ బిందునట్లుగను చేసియుండిను. గాసియన్ నిర్దేశాంక విధానము కార్మిసి యన్ నిర్దేశాంక విధానమునకు పేతుబద్ధమైన సాధారణ ధర్మముగ నున్నది. అది యూక్లిడియన్ వర్గమునకు (అత్యమునకు) చెందిని ఏకాం డమునకు కూడ వినియోగార్హమైనది - కాని, నిర్ణీతమైన పరిమాణము (size) లేక దూరము (distance - అంతరము) నకు సంబంధి చి. అలోచ-లోనున్న ఏకాంకమునకు చిన్న చిన్న భాగములు యూక్లిడియన్ పద్ధతివలె మన అత్యముననున్న. ఏకాంకముయొక్క యింపుమింపు నూత్నాతిసూక్ష్మ భాగముగ అయినపుడు మాత్రమే అది చెల్లును.

విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతముయొక్క స్థల - కాలవికాండము
యూక్లిడియన్ ఏకాండముగ పరిగణింపబడుట

17 వ ప్రకరణమునందు అనిశ్చితముగ సూచింపబడిన మిన్ కౌస్కి అస్పృశ్యము, ఎక్కువ కచ్చితముగ మనము ఇప్పుడు సూక్ష్మీకరణకలుగు దశలో నెంటిమి. విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతమునకు అనుగుణముగ స్థల - కాల ఏకాండము అనబడు వాలుగు కోణతల. చివరమునకయి కొన్ని నిర్దేశాంశ విధానములను ప్రత్యేకించి ఎంచుకొనడమయినది. గెరెలియన్ నిర్దేశాంశ విధానములని వానిని వ్యవహరించితిమి. ఈ విధానములకు గాను ఒక సంఘటనను నిర్ణయించునట్టి x, y, z, t అను వాలుగు నిర్దేశాంశములు - అనగా వాలుగు మితుల ఏకాండమున ఒక లిందువుగ వున్న కము మొదట భాగమున విస్తరించి సులభపద్ధతిని తేలిక పరముగ నిర్వచింపబడెను. మొదటిదానికి సంబంధించి, ఏకభాటిని కదలుచున్న ఒక గెరెలియన్ విధానమునుండి మరియొక గెరెలియన్ విధానములోనికి అనువదించుటకు లారెన్ట్ థ్ రూపాంతరణ సమీకరణములు సత్యసమ్మతములు. అందు చివరవి విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతమునుండి అనారంభింపబడిన నిగమనములకు ఆధార భూతములగును మరియు సూచింపబడిన గెరెలియన్ విధానమున అన్నింటికి కాంతి ప్రసార సూత్రముయొక్క విశ్వజనీన ఋజుత్వచివరణము తెల్పుటకన్న వాటిలో విశేషమేమియును లేదు.

లారెన్ట్ థ్ రూపాంతరణములు ఈ దిగువ వ్యవహరించబడే తేలిక పరిస్థితులయందు సంకృప్తి నొనగునని మిన్ కౌస్కి కనుగొనెను. స్థల విరూపక భేదములు dx, dy, dz లును కాల వ్యత్యాసము dt మూలమున గెరెలియన్ పద్ధతి సూచిత వస్తువు K కి సంబంధించి వాలుగు మితుల ఏకాండమునందు ఉపగమింపబడిన సాపేక్ష స్థానముగల రెండు సన్ని

హా సంఘటనలను గురించి ఆలోచింతము. రెండవ గెలెలియన్ విధానమునకుగల సూచనతో ఈ రెండు సంఘటనలకు అనుగుణముగ వ్యత్యాసములు dx' , dy' , dz' , dt' అని అనుకొందము (1). ఈ పరిమాణములు ఆసాస్థితిని, ఈ నియమమును పాటించును.

$$dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2 dt^2 = dx'^2 + dy'^2 + dz'^2 - c^2 dt'^2$$

ఈ నియమమునుండి లారెంట్జ్ రూపాంతర ఋజుత్వము ఏర్పడును ఈ దిగ పరీతిని దానిని వివరించవచ్చును.

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2 dt^2$$

పై వాలుగు మితులుగల స్థలకాల ఏకాంశముయొక్క రెండు ఆసన్న బిందువులకు వర్తించునట్టి పరిమాణము. ఎన్నుకొనిన అన్ని (గెలెలియన్) సూచిత వస్తువులకు సమానమయిన విలువను కలిగియున్నది $x, y, z, \sqrt{-1} ct$, దీనిస్థానే x_1, x_2, x_3, x_4 ప్రవేశ పెట్టినయెడల

$$ds^2 = dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2 + dx_4^2$$

అది సూచిత వస్తువుయొక్క ఎన్నికపై ఆధారపడియుండవి దను ఫలితమునుకూడ మనము పొందుదుము ds పరిమాణమును రెండవ ఘటనలకు లేక వాలుగుమితుల బిందువులకు మధ్యగల 'దూరము' అని వ్యవహరింతము.

ఈ విధముగ వాస్తవరాశి కి బదులుగ కల్పిత చరరాశియయిన $\sqrt{-1} ct$ కాల చరరాశిగ ఎన్నుకొనినయెడల యూక్లిడియన్ వాలుగు మితుల ఏకాంశముగా విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతమునకు అనుగుణముగ స్థలకాల ఏకాంశమును మనము పరిగణింపవచ్చును. ఈ ఫలితము గత ప్రకరణము సమాలోచనలను అనుసరించును.

(1) 1, 2 అనుబంధములు చూచువది. నిర్దేశాంశములకు మాత్రమై రాబట్టబడిన సంబంధములు నిర్దేశాంశములకును, నిర్దేశాంశ వ్యత్యాసములకును కూడ (లెక్కకురాని వ్యత్యాసములు) సమంజసమే అగును.

సార్వత్రిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతముయొక్క స్థలకాల
ఏకాండము యూక్లిడియన్ ఏకాండము ఒకటి కాదు

గ్రంథముయొక్క ప్రథమ భాగమున సులభిప్రాయముగను సూటిక
భౌతికవరముగ వ్యాఖ్యానింప అనువై నవ్యయు 28 వ ప్రకరణముసారము
నాలుగు మితల కార్టీషియన్ నిర్దేశాంశములుగ స్థలకాల నిర్దేశాంశము
లను ఉపయోగింప కలిగియుంటిమి కాంతి పరళవేగ స్థిరత్వసూత్రా
ధారముపై యిది సాధ్యమైయుండెను. కాని 21 వ ప్రకరణముసారము
సార్వత్రిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతము ఈ సూత్రమును నిలువజాలకపోయెను.
కాకపోగా అందుకు విరుద్ధముగ యిటీవల సిద్ధాంతరీత్యా గురుత్వాకర్షణ
క్షేత్రము ఒనగినపుడు నిర్దేశాంశములపై కాంతిపరళవేగము సర్వదా
అధారపడి యుండుననియుననెడి సాధాంతమునకు రాగలిగితిమి. 28 వ
ప్రకరణమున ప్రత్యేకించి తెలిపిన ఉదాహరణ చిత్రమునకు సంబంధించి
మన అభిప్రాయముగ విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతమున మనలను
మన అభ్యుమునకు చేర్చునట్టి నిర్దేశాంశములు కాలముగూర్చి చేసిన నిర్వ
చనము గురుత్వాకర్షణక్షేత్రము కల్పితమైనపుడు అది సమంజసముకాదని
మనము కనుగొంటిమి.

ఈ సమాలోచనముల ఫలితములదృష్ట్యా సార్వత్రిక సాపేక్షతా
సిద్ధాంత మూలతత్త్వానుసారము స్థలకాల ఏకాండము యూక్లిడియన్
ఏకాండముగ వరిగడింపబడదు అను నన్యుకమునకు మనలను కొని
తెచ్చినే కాని రెండు కొలతల ఏకాండముయొక్క ఉదాహరణముతో
వరిచయమయినటువంటి స్థానికోష్టోగ్రతా వ్యత్యాసములతో పాఠశాల
వరికకు సరిగ్గు నవ్వసాధారణమైన సందర్భము తటస్థించినది. సమాన
ములైన కర్డిలనుండి కార్టీషియన్ నిర్దేశాంశ విధానము నిర్మించట

అక్కడ అసాధ్యమైనటులే ఒకదాని కొరటి నుండించి అమర్చిన కొంత కద్దీలు, గడియారములు మొటిగ స్థానమును కాలమును సూచించునట్టి స్వభావ లక్షణము కలిగిన విధా ము రృదవస్తువులనుండి గడియారముల నుండి నిర్మించుటయును అసాధ్యమైనది. 28 వ ప్రకరణమున ఎమర్సన్ నటువంటి క్లిష్టసమస్య సారాంశము యిదియే. కాని 25, 28 ప్రకరణముల సమాలోచనలు ఈ క్లిష్టతను తొలగించుకొను మార్గమును చూపినవి గాన్ నిర్దేశాంశములను స్వేచ్ఛాచూరకముగ నాలుగు కొంతల స్థలకాల ఏకాండమును సూచించుము. స్వేచ్ఛాచూర్ణత్తిని ఒకరి నిర్ణయము ననుసరించి ఏకాండపు బిందువులకు అంశం వొనగుటలో వ్యవహారకు మాత్రమేగాని సునిశితమైన శౌఛక ప్రయోజనము ఈవచ్ఛాత్రము లేనటువంటి x_1, x_2, x_3, x_4 నిర్దేశాంశములను నాలుగు సంఖ్యలు ఏకాండముయొక్క ప్రతియొక బిందువునకు మనము ఒనగితిమి. ఈ అమరికను x_1, x_2, x_3 లను స్థల నిర్దేశాంశములుగను x_4 కాల నిర్దేశాంశమును పాటి. పవలయునటువంటి అవసరముకూడ లేదు.

ప్రపంచమును గూర్చిన అటువంటి వివరణము పూర్తిగ సరిపోదని పాఠకు డనుకోవచ్చును. ఈ నిర్దేశాంశములు స్వయముగ అర్థవత్సరములు కానవచ్చుడు x_1, x_2, x_3, x_4 అను నిర్దేశాంశములు ఒక ఘటనకు సంకల్పించుటలో తాత్పర్యమేమి? ఎక్కువ జాగ్రత్తతో ఆలోచించినయెడల ఆ ఆందోళన విరాభారమని గ్రహించగలరు. ఉదాహరణకు ఏ విధమైన చలనముతోనైననుచరే ఉన్న ఒక ద్రవ్యబిందువు గూర్చి ఆలోచితము. ఆ బిందువుయొక్క అస్తిత్వము తాత్కాలికమే అయినయెడల x_1, x_2, x_3, x_4 అను విలువలలో ఒకేఒక విధానమున స్థలకాల సంబంధముగ వివరింపదగును. నిర్దేశాంశములయెడ తెరిపిలేమిని సూచించుటకు నిర్దేశాంశముల విలువలు అశ్యంతము సమీపమున అనంతమున బృహత్ సంఖ్యాశక్తిగము అయిన విధానముల విలువలమూలమున దానియొక్క సుస్థిరమైన అస్తిత్వముయొక్క స్వభావము తేటపరువనగును ఆ ద్రవ్య

లిండువున కనుగుణముగ ఈ విధానమున నాలుగు కొలతలు ఏకాంశములో ఒకే రేఖ (ఏమిటీయ) మనకు కటస్థించును ఇదే విధముగ చలనములో నున్న అనేక లిండువులకు మన ఏకాంశములోని అటువంటి రేఖలు అనుబంధములై యుండును. భౌతికముగ అస్తిత్వపు హక్కునుబోలు ఈ లిండువులను లక్ష్యమునందు కలిగిన నిర్వచనములు వాస్తవమునకు వాటియొక్క అభియాతముల నిర్వచనములగును. గణితకాస్త్ర మర్యాదనుబట్టి అభియాతములు ప్రశ్నయందలి లిండువులగతి నిర్దేశించు రెండు రేఖలు ఉమ్మడిగ x_1, x_2, x_3, x_4 నిర్దేశాంశముల సమాన విలువలుగల ఒకానొక విధానమును కలిగియుండునను వాస్తవిక విషయముచే వివరింపబడును. కాగుగ ఆలోచించిన అనంతరము భౌతిక నిర్వచనములలో మనకు కటస్థ పడు స్థలకాల స్వభావములకు సరియైన సాక్ష్యము అట్టి అభియాతములేనని పాఠకుడు అంగీకరించును.

మూచిత వస్తువునకు సాపేక్షముగ ఒక భౌతిక లిండువుయొక్క గతినీ మనము వివరించునపుడు అమూచిత వస్తువుయొక్క ఒకానొక ప్రత్యేక లిండువులలో అలిండువుయొక్క అభియాతములగూర్చి తప్ప వేరేమియు మనము నిర్వచించియుండలేదు. గడియారపు అంకెల విశ్వమీద ఒకానొక కొన్ని నిర్దిష్ట లిండువుల సాయమున గడియారమున ముల్లు అభియాతముల పరిశీలనముతో కూడియున్నటువంటి గడియారముల సాయమున, వస్తువుయొక్క పరిశీలనమున కాలమునకు అనుగుణమైన విలువలను కూడా మనము నిర్ణయింపగలము. కొంత కద్దీల సాయమున స్థలముల కొలతల సంవర్ధముననూ, సరిగా యిదియే విధానమై యున్నదని ఇంచుక పరిశీలించినచో మనకు తెలియును.

సర్వసాధారణముగ ఈ దిగువ నిర్వచనములు సోపడును. ప్రతి భౌతిక వివరణము లోపసంఖ్యా ములగు నిర్వచనములక్రింద దాని కదే విడిపోవును. అందొకటొకటి A, B రెండు సంఘటనలయొక్క స్థల

కాల ఏకీభావమును సూచించును. గాసియన్ నిర్దేశాంశ విధానమున పదముఃలో (మాటలలో) అటువంటి ప్రతి యొక నిర్వచనము x_1, x_2, x_3, x_4 , అను నాలుగు నిర్దేశాంశములు అనుబంధించును. అనుట మూలమున వ్యక్తము చేయవచ్చును. వాస్తవమునకు స్థలసూచిత వస్తు వివరణ విధానముగల లోపములులేకుండ నూచిత వస్తు సహాయమున వివరణము స్థానే, వాస్తవమునకు పై విధమున గాస్ నిర్దేశాంశముల సాయమున స్థల. కాల ఏకాండ వివరణమున్నది. ప్రరస్కృతవలసిన ఏకాండము యొక్క యూక్లిడియన్ స్వభావమునకు అది అనుబంధించి యుండవలసినది లేదు.

సాంస్కృతిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతపు మూలసూత్రము యొక్క సరియైన సూత్రీకరణము

వదునెనిమిది ప్రకరణమునందు ఈయబడిన సాంస్కృతిక సాపేక్షతా సిద్ధాంత మూలతత్వమునకు తాత్కాలికపు సూత్రీకరణముస్తానే సరియైన సూత్రమును నిర్మించు అవకాశము మనకిప్పుడు కలదు. "గతి స్థితి యెటులున్నను ప్రకృతి దృగ్గోచర విషయ వివరణమునకుగాను (సర్వసాధారణమైన భౌతిక నియమముల సూత్రీకరణము) K, K' మొదలగు సూచిత వస్తువులన్నియు తుల్యము" అనునది అందలి సూత్రస్వరూపము. కాని విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతము ననుసరింపబడిన విధానముదృష్ట్యా దృఢమైన సూచిత వస్తువుల వినియోగము స్థలకాల వివరణముయందు సాధారణముగ శక్యముకాదు. కనుక పై సూత్రస్వరూపము నిలువజాలదు. సూచిత వస్తువుయొక్క స్థానమున గాన్ నిర్దేశాంక విధానమును నిలుపవలసియున్నది. సాంస్కృతిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతముయొక్క మూలభావమునకు ఈ దిగువ ప్రవచనము సరిపోలియుండును. "సర్వసాధారణమైన భౌతిక నియమముల సూత్రీకరణములకు గానియన్ నిర్దేశాంక విధానములన్నియు అవశ్యము తుల్యములు".

విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంత మూలతత్వము స్వాభావిక వ్యాప్తి స్వరూపమున మున్నప్పటికన్న స్పష్టముగను అర్థవంతముగను వివరింపగలుగునట్టి యింకొక రూపమున ఈ సాంస్కృతిక సాపేక్షతా మూలతత్వమున మనము నిర్వచింపవచ్చును. విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతానుసారము సర్వసాధారణమైన భౌతిక నియమములను వెలువరించు సమీకరణములు కొత్త సూచితవస్తువు K' యొక్క x', y', z', t' అను స్థలకాల చలరాశులస్తానే లారెన్ట్ థీ రూపాంతరము నుపయోగించి K సూచిత వస్తువుయొక్క x, y, z, t (గెలిలియన్) అనబడు స్థలకాల చల

రాకులను నిలిపినపుడు అదే స్వరూపమును గొనిన సమీకరణములలోనికి పరివర్తనము నొందును. ఇంకను సాంస్కృతిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతానుసారము x_1, x_2, x_3, x_4 అనిబడు గాస్ చలరాకులను ఇర్పామగతికముగ ప్రతిస్థాపనములను వాడుటవలన సమీకరణములు, అదేమాదిరి స్వరూపముగల సమీకరణములలోనికి, పరివర్తన మందవలయును. ప్రతిరూపాంతరము (లాగ్రేన్జ్ రూపాంతర మొకటియేకాదు) ఒకదాని నుండి వేరొకదానిలోనికి మారుట కనుగుణముగ నుండును.

మన ప్రాచీనకాలపు వస్తువుల మూడు మితులదృష్టిని అంటిపెట్టుకొని వుండవలెనన్న యిచ్చపూర్వక సాంస్కృతిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతము ప్రధానోద్దేశ్యము మూలమున మార్పుగండి అభివృద్ధి నొందిన ఈ దిగువ విధమున వెలువరించనగును. విశిష సాపేక్షతా సిద్ధాంతము గెలిలియన్ మండలమునకు అనుబంధించును. అనగా గురుత్వాకర్షణ శ్రేణములు లేనివానికి అనుబంధించును ఈ సందర్భమున గెలిలియన్ సూచిత వస్తువుగ పనిచేయును. అనగా దృఢమైన వస్తువు దానియొక్క గతి స్థితి విడువడిన పదార్థము. లిందువుల సమవేగ సరళరేఖా గతియొక్క గెలిలియన్ సూత్రము సవరణకు నున్నకొనబడినదై యుండును. గెలిలియన్ అతిరిక్తములగు సూచిత వస్తువులకు ఒకే గెలిలియన్ మండలమును సూచించవలయునని కొన్ని సమాలోచనలు మనకు స్ఫురింపజేయును. అప్పుడు ఈ వస్తువులకు సంబంధించి, ఒక ప్రత్యేక గురుత్వాకర్షణ మండలము వెలయును. (20, 21 వ ప్రరణములు చూడుడు).

గురుత్వాకర్షణ శ్రేణములలో యూక్లిడియన్ ధర్మములు గల దృఢమైన వస్తువు లనునవిలేవు. సాంస్కృతిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతమున కల్పితమైన దృఢమైన సూచితవస్తువు యెందునకు పనికిరాదు. గడియారముల సహాయమున సూటిగ కనుగొనబడు కాలముయొక్క భౌతిక నిర్వచనము విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతములో స్థాయితో సమానమగు యుక్త స్థాయిని యేవిధమునను, నుండనంతగా గడియారముల గతికూడ గురుత్వాకర్షణ శ్రేణముల ప్రభావమునకు లోనైయున్నది.

ఈ కారణమున దృఢతలేని సూచిత వస్తువులు ఉపయోగింపబడవు. ఆ విధముగ మొత్తమంతయు కదలుటయే కాకుండ చలన వ్యవధానమున చిత్తము వచ్చిన ఆకారము మార్పులకుకూడ లోనగును. గడియారములకు సంబంధించి, వాటి గతిమాత్రము ఏ తరగతికొరచెందినదైనను ఎంతగా సక్రమముగ లేకున్నను కాల నిర్వచనమునకు ఉపయోగపడును. దృఢతలేని సూచిత వస్తువులమీద ఒక చిందువువద్ద ప్రతియొక్క గడియారము విగింపబడినట్లు మన మూహించవలయును ఒకే సమయమున పరిశీలించినయెడల సన్నిహితములైన గడియారములు (స్థలములో) చూపు, సూచిక సంఖ్యలు, ఒక గడియారపుమీది సంఖ్యలు, మరొకటి దానిమీది సంఖ్యలు గుర్తించజాలనంత భేదముతో సరిసమానముగ నుండుననుపరతునుమాత్రము గడియారములు నిలుపును. సూచికమైన మొలస్కు (Mollusc) అను యథోక్తమగు పేరిడిన దృఢతలేని ఈ సూచిత వస్తువు నిరంకుశముగ ఎక్కుకొనిన గాసియన్ నాలుగు మితుల నిర్దేశాంక విధానమునకు ప్రధానతుల్యత నున్నది. గాస్ నిర్దేశాంక విధానముతో సరిపోల్చగా కొంత గ్రహింప అవకాశ మీయునది కాలము నిర్దేశాంకమునకు వ్యతిరేకమగు స్థల నిర్దేశాంకములు ప్రత్యేకమగు అస్తిత్వము అటులే నిలువచేసినట్లుగును. (అది వాస్తవమున అన్యాయము.) మొలస్కు సూచిత వస్తువుగ పరిగణింపబడు నంతవరకును మొలస్కుమీది ప్రతి చిందువు ఒక స్థల చిందువుగాను నిశ్చలతనున్న ప్రతి భౌతిక చిందువు నిశ్చలత నున్నట్లు గను చూడబడును. సర్వసాధారణమైన భౌతిక నియమముల నిర్మాణమున ఆ మొలస్కుఽన్నియు సమానమైన హక్కులు సమానమైన ప్రయోగ విజయముగలవిగ నుండవలెనని సాంస్కృతిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతమునకు కావలసియున్నది. మొలస్కు ఎన్నికలపై ఆధారపడకుండ తమకు శాము స్వతంత్రములుగ ఈ మాత్రము లుండవలయును.

మనము పైన గమనించి దాని ఫలితముగ సాంస్కృతిక సాపేక్షతా సిద్ధాంత మూలతత్వమునగల విశేషించిన శక్తి భౌతిక మాత్రములపై మనము నిలిపిన గ్రాహ్యపరిమితులలో నున్నది.

సాంస్కృతిక సాపేక్షతా సిద్ధాంత మూలతత్వము ఆధారముగ గురుత్వాకర్షణ సమస్య పరిష్కృతి

గత సమాలోచనములన్నియును పాఠకుడు అనుసరించియున్నచో గురుత్వాకర్షణ సమస్య పరిష్కారమునకు అనుసరించిన పద్ధతులను అవగాహనము చేసికొనుట చాలా సులభము.

గెలిలియస్ మండలముపై సమాలోచనలనుండి ప్రారంభింతము. అనగా గెలిలియస్ సూచిత వస్తువు K కి సాపేక్షముగ గురుత్వాకర్షణ తేజ్రములేని మండలము. విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతమునుండి K కి సంబంధించి కొలత కడ్డీలు, గడియారముల నడవడులు తెలియబడును. అటులే సమవేగముతో సరళరేఖ మార్గమున చలించుచున్న విడివిడియున్న ద్రవ్యబిందువుల నడవడియు తెలియనగును.

ఇప్పుడు క్రమబద్ధముగాని గాస్ నిర్దేశాంక విధానము లేక K' సూచిత వస్తువుగనున్న మొలస్క విధానమునకు ఈ మండలము అనుసంధించి పరిశీలింతము. అప్పుడు K కి సంబంధించి "G" అను ప్రత్యేకమైన గురుత్వాకర్షణ తేజ్ర మొకటి కలదు. రూపాంతరముల మూలమున, కొలత కడ్డీలు, గడియారములు, చలించు ద్రవ్య బిందువులు వీనియొక్క నడవడిగూర్చి తెలిసికొందము. ఈ ప్రవర్తనను "G" అవలకు గురుత్వాకర్షణ ప్రభావమునకులొనైన కొలత కడ్డీలు గడియారములు ద్రవ్య బిందువులుయొక్క ప్రవర్తనముగ వ్యాఖ్యానింతుము. ఇకమీద ఒక పరికల్పనముతో పరివయము కల్గించుము. కేవలము నిర్దేశాంకముల రూపాంతరముల సహాయమున గెలిలియస్ ప్రత్యేక సందర్భమునుండి వ్యాప్తమైన గురుత్వాకర్షణ తేజ్రము ఉత్పాదించలేనటువంటి సందర్భమునందు కూడ ఒకేమాదిరి సూత్రానుసారముగ కొలత కడ్డీలమీదను గడియారములమీదను

స్వేచ్ఛగ కదలుచున్న ద్రవ్య విందుపులమీదను గురుత్వాకర్షణ తేజత్ర ప్రభావము ప్రచరించుచునే యుండును. కేవలము నిర్దేశాంకము రూపాంశరమువలన గెలిలియన్ ప్రత్యేక సందర్భమునుండి ఉత్పాదించబడినట్టి గురుత్వాకర్షణ తేజముయొక్క స్థలకాల ప్రవర్తనను శోధించుట తర్వాతమెట్టు. వివరణమునందు ఉపయోగింపబడిన సూచిత వస్తువుగ (మొలస్కు) దేనిని యెంచుకొనినప్పటికిని సదాసమంజస మగునటుల మాత్రీకరింపబడును.

అలోచనముచనున్న గురుత్వాకర్షణ తేజము ఒక ప్రత్యేకతకలది ఈ సూత్రము సర్వసాధారణమైన గురుత్వాకర్షణ తేజమునకు వర్తించదు గురుత్వాకర్షణ తేజముయొక్క సర్వసాధారణ సూత్రము కనుగొనుటకుగాను పైన కనుగొనినటుల సూత్రమును సర్వసామాన్య ప్రవర్తన కలదిగ చేయవలసియుండును ఈ దిగువ అవశ్యకతలను అలోచనయందు నిలుపుకొనుటవలన కుయుక్తులకు పోకుండ దానిని పొంద నగును.

(ఎ) కావలసియుండిన సర్వసామాన్య వర్తనీయమగు సూత్రము అరేటియన్ సాంస్కృతిక సాపేక్షతా గృహీత సిద్ధాంతమునకు అనువర్తించ వలెను.

(బి) అలోచనాస్పదమగు ఏ అంశమైనను సమాలోచిత మండ లము నందుండినయెడల దానియొక్క ఒడశ్య ద్రవ్యరాశి మరియు 15వ ప్రకరణానుసారము దానిశక్తియు ఒక తేజమును ఉద్రిక్తపరచుటలో దాని ప్రభావము ముఖ్యమైనది.

(సి) గురుత్వాకర్షణ తేజము. భౌతిక వదార్థములో సహజ ఊర్జ శక్తి నిత్యశ్య నియమమును అనుబంధించవలెను (మరియు ప్రేరణయును) తుది సర్వసామాన్య గురుత్వాకర్షణ తేజము లేనప్పుడు తెలిసియున్న సూత్రముల ననుసరించి, అనగా విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతపు హద్దులలో

యింతకుముందే ప్రక్రియలగురించి అనురియున్నటువంటి సూత్రముల ననుసరించి, సంభవింపున సర్వ ప్రక్రియల ప్రసరణములవైగల గురుత్వాకర్షణ షేత్ర ప్రభావము నిశ్చయించుటకు సార్వత్రిక సాపేక్షతా సిద్ధాంత మూల తత్త్వము సహాయపడును. ఈ సందర్భమునందు కొలత కడ్డీలకును, గడియారమువకును స్వేచ్ఛగా కదులుచున్న ద్రవ్య బిందువులకును లోగడ విశదీకరించిన పద్ధతి ననుసరించిన నియమానుసారము ముందునకు సాగి పోదము.

సార్వత్రిక సాపేక్షతా గృహీత సిద్ధాంతమునుండి ఈ విధముగ ఉద్ఘాటించబడిన గురుత్వాకర్షణ సిద్ధాంతము, అందచందములకేగాదు, 21 వ ప్రకరణమున ప్రాచీన యాంత్రిక శాస్త్రమున బహిర్గతమైన లోపమును తొలగించుటకేగాదు, అదత్వ గురుత్వ ద్రవ్యరాశుల తుల్యతగురించి కేవలము అనుభవమున వర్తించు సూత్రమును విశదీకరించుటకే గాదు, ప్రాచీన యాంత్రిక శాస్త్రమును శక్తిహీనముగ చేయగలిగి లోగడ విడచుర్చి తెలిపిన ఖగోళశాస్త్ర పరిశీలనా ఫలితమునుగూడ విశదీకరించుట లోను, ఈ అన్నిటిని అతిశయించును.

గురుత్వాకర్షణ షేత్రములు దుర్బలముగ పరిగణించబడు సందర్భమునందునను కాంతి సరళవేగముతో పోల్చి చూచిన సూక్ష్మమైన సరళవేగములతోడి నిర్దేశాంక విధానమునకు సంబంధించి, ద్రవ్య రాశులన్నియు చలించు సందర్భమునందునను వీటికే మనము ఈ సిద్ధాంతమును ప్రయోగించిన తత్ఫలితముగ న్యూటోనియన్ సిద్ధాంతమును తొలుత సాధితము. పరస్పరము ఆకర్షించుకొనుచున్న ద్రవ్యబిందువులు మధ్య గతమారము యొక్క వర్గమునకు విలోమ సంబంధమున ఆ ద్రవ్య బిందువుల ఆకర్షణ శక్తి యున్నదను పరిశ్చనను ప్రవేశ పెట్టవలసివచ్చెను. అయితే ఈ చలన సిద్ధాంతము ప్రత్యేకించి అనుకోకుండ సాధింపబడినది. సూక్ష్మాతి సూక్ష్మమైన పరిశీలనాశోధనకు కనబడకుండ తప్పించుకొని పోగలిగినప్పు

టికిని మనము అతిశయముగ గణనము, చేసినయెడల న్యాయము సిద్ధాంత మార్గమునకు తొలగిపోయినవనియు వ్రక్షాక్షములగును.

అట్లు తొలగిపోయిన వానిలో ఒకదానివైపు మనము దృష్టి సారిం తము. న్యాయము సిద్ధాంతాన సారము స్థిరపక్షముల స్వవరమైన చల నము చర్చను బట్టిబడిన ఇతర గ్రహములచర్యయు పరిగణించుకున్నయెడల స్థిర పక్షములకు సంబంధించి, తన స్థానమును కాశ్యతముగ నిలుపు కొనుటకు ఒక గ్రహము దీర్ఘవృత్తాకారః క్షయము సూర్యునిట్లు చేయును. ఈ ఉభయ ప్రభావములకు పరిణామించిన గ్రహ చలనము మనము సరి చేసినయెడల న్యాయము సిద్ధాంతము నిశ్చయముగా నిర్ణయమైనదే అయిన యెడల గ్రహమండలమునకు స్థిరపక్షముల మాచనతో స్థిరమైన దీర్ఘ వృత్తమునకు సాధ్యమే యుండవలెను. ఈ విగమనము ఎక్కువ కచ్చిత ముగ జోధించబడినది. ప్రస్తుత కాలమునకు పొందనగు సున్నితమైన పరిశీలనా సాధనములతో సంగ్రహించినంత కచ్చితముగ ఒక గ్రహ విష యమైతాక తక్కిన గ్రహముల కన్నింటికిని ఈ విగమనము ధృవపరుచబడి నది. దీనికి వెలియైన ఆ గ్రహము సూర్యునకు అతిసన్నిహితముగ నుండిన బుధగ్రహము. పై నుదహరించబడిన ప్రభావములు సవరించబడినను స్థిర పక్షములకు సంబంధించి బుధ మండలమునకు అనుసంధింపండియున్న దీర్ఘవృత్తము స్థిరముగలేదు. కాని దీర్ఘవృత్త పరిమళమునందు అది అత్యంతము మందగించి పరిశ్రమించుచున్నది. ఈ విషయము లెవరి రియర్ కాలమునుండియు తెలిసియున్నది. ఈ మాండలిక దీర్ఘవృత్త చక్రమునా చలనమునకు సాధించబడిన విషయ శతాబ్దిమునకు 48 భావ మున సెకనుగ నుండెను. భావమునకు కొన్ని సెకనుల లోపున ఈ మొత్తము పరియైనదిగ నిశ్చయించబడెను. పంఖావ్యక్త సంకయాన్వద యైనదియు, కేవలము ప్రయోజనమునకై పన్నబడినవియు అగు పరికల్ప వల ఆచారమునకు ప్రాచీన యాంత్రికాస్త్ర సహాయమునను అభివృద్ధి మును జోధవరచ వచ్చును.

సార్వత్రిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతము ఆధారముపై సూర్యుని చుట్టు నున్న ప్రతి గ్రహముయొక్క దీర్ఘవృత్తము పై న సూచింపబడిన క్రమమున పరిభ్రమింపఁబడినది. బుధుడు మినహా తక్కిన గ్రహముల కన్నింటికిని ఈ పరిభ్రమణము ప్రస్తుతకాలమున సాధ్యమైన సున్నితమైన యంత్ర పరిశీలన వలన : నుగోచిన యంతరూహ్యగతి నున్నది కాని పరిశీలనతో కచ్చితముగ ఏకీకరించిన ఫలితము బుధగ్రహము సందర్భమున శతాబ్దము నకు 48 ఛావము సెకనులకు సరిపోవలయును

ఈ విషయ మటులుండ, సూర్యునియొక్క గురుత్వాకర్షణక్షేత్రము వలన కాంతికిరణ ప్రకటయు, భౌగోళికముగ సాదృశ్య విధానములో లడిన కాంతి (అనగా ఒకేరకపు అణువువలన) అనుబంధించిన రేఖలతో సరిపోల్చిన, బృహత్ నక్షత్రములనుండి మఱలను చేరుచున్న వర్ణమాలాత్మక కాంతిరేఖలయొక్క నిస్తాననము⁽¹⁾ శోధింపబడినట్లు ఒప్పిన సిద్ధాంతము నుండి రెండు నిగమనములు చేయుట యంతవరకును సాధ్యముగ నుండెను.

(1) 1919 సంవత్సరములో ఎడింగటన్ ఇంకనూ ఇతరులవలన మొట్ట మొదట పరిశీలించబడెను (8వ అనుబంధము చూడుడు).

(2) 1924 సంవత్సరములో ఆడామ్స్ వలన స్థిరపరుపబడెను. (8వ అనుబంధము చూడుడు).

“విశ్వము ఏకరాశి” అను దానిపై చర్చ

30

న్యూటను సిద్ధాంతము - విశ్వ సంబంధములైన
ప్రతిబంధకములు

21వ ప్రకరణమున చర్చించిన ప్రతిబంధకములు అటు దగ నాకు తెలిసినంతలో 'సీరియర్' అను ఐగోశకాస్త్రవేత్తచే విపులముగ చర్చింపబడినటువంటి ప్రాచీన ఐగోశయాంత్రిక కాస్త్రమునకు సంబంధించిన ప్రధానమైన ప్రతిబంధకము మరియొకటి యున్నది. విశ్వము ఏకమొత్తముగ భావించి, దాని నెట్లు పరిగణింపవలయును అను ప్రశ్ననుగూర్చి తిట్టాన చేసినయెడల, మొట్టమొదట తోచు సమాధానము అవశ్యమూ యిదియై యుండును. స్థలము (కాలము) దృష్ట్యా విశ్వము అనంతము. పదార్థ సాంద్రత, ప్రతి అంశమును తట్టితట్టి చూచిన భిన్నభిన్నముగ మున్నప్పటికీ, సాముదాయకముగ ఎల్లెడల పదార్థ సాంద్రత ఒకటే అయినటుల వక్షత్రములు అన్నియెడల కలవు. అనగా, స్థలము తోడికి చొచ్చుకొని, మన మెంతదూరము ప్రయాణము చేసినప్పటికిన్ని ఉజ్జాయింపున ఒకేరకము, ఒకే సాంద్రతగల స్థిర వక్షత్రములు గుంపులు గుంపులుగా (విన్నవి, పెద్దవి ఒకటొకటిగాను) ప్రతిస్థలమున ఉండుట మనము కనుగొందము న్యూటను సిద్ధాంతమున ఈ భావము పొసగదు. ఇటీవలి సిద్ధాంతము విశ్వమునకు ఒకే విధమున కేంద్రము కలిగియుండవలెనని భావించును. ఆ కేంద్ర గతవక్షత్రముల సాంద్రత అతకంతకు ఊడించు చుండవలెను. అట్లు ఊడించుచూ, ఊడించుచూ, చిట్టచివరకు ఆ సాంద్రత చాలా దూర

ప్రదేశములు గానయి అనంతరము, అనంతకూన్యతా మండలము అలవడును⁽¹⁾ స్థలమును అనంత సముద్రమున నక్షత్రమయమైన జగత్తు పరిమిత వ్యాప్తమగు ఒక ద్వీపమై యుండవలెను.

ఈ దానన స్వయంగతముగనే అసంతృప్తికరముగ నుండును. "నక్షత్రములనుండి నిర్గమించు కాంతియు, తారకీయ వద్దతిని స్వయంత్రముగ నున్న నక్షత్రములు మఱి తిరుగుమొగము వట్టకుండగను, సృష్టియందలి యితర వస్తువులతో పరస్పర చర్య ప్రతి చర్యలతో మఱి తిరిగి ఏనాటికి ప్రవేశము లేకుండగనూ, నిరంతరము, అనంత విశ్వములోనికి అటులే తొరబడిపోవుచున్నవి". అను ఫలితమునకు త్రోవలు తీయును. కనుక ఇది ఇంకనూ అసంతృప్తికరము. అటువంటి పరార్థభూయిష్టమైన పరిమితి జగత్తు, మెల్లమెల్లగా ఒక క్రమానుబంధముగ దరిద్రతాస్థితికి వచ్చును.

ఈ సంశయము (రెండు వైపుల పోటునుండి) తప్పించుకొనుటకు గాను, మ్యాటను సూత్రమునకుగాను "సీలిజరు" ఒక సవరణను సూచించెను. విలోమవర్గ సూత్రమునుండివచ్చు ఫలితముకన్న ఎక్కువ ఉధృతముగ (వడిగ) రెండు ద్రవ్యరాశులమధ్య దూరాతిశయముబట్టి వాచి

(1) మ్యాటను సిద్ధాంతరీత్యా, అనంతమునుండి పలుకెంచు "శక్తి రేఖల" సంఖ్య m ద్రవ్యరాశికి సంబంధ సామ్యముననున్న m ద్రవ్యరాశిలో సమాప్తమగును. సగటున ద్రవ్యసాంద్రత ρ_0 జగత్తునందంతట స్థిరమైన యెడల V ఘనపరిమాణముగల ఒక గోళము, సగటున $\rho_0 V$ ద్రవ్యరాశిని చుట్టుముట్టి యేండును. గోళకము యొక్క ఉపరిభాగము F నుండి అంతర్భాగములోనికి తొరబడుచున్న శక్తి రేఖల సంఖ్య $\rho_0 V$ కి సంబంధ సామ్యమున నుండును. గోళకము యొక్క ఉపరితలముమీది ఏకైక వైశాల్యమున (ఒక్కొక్క చదరమునకు) గోళకము యొక్క అంతర్భాగములోనికి తొరబడు శక్తి రేఖల సంఖ్య $\rho_0 \frac{V}{F}$ లేక $\rho_0 R$ కు సంబంధ సామ్యమున నుండును.

కనుక ఉపరిభాగమున క్షేత్రముయొక్క తీవ్రత (సాంద్రత) అప్పుడు గోళకము వ్యాసార్థము పెరుగుదల చివరకు అనంతము గావలెను, కాని ఆది అసాధ్యము.

ఆకర్షణశక్తి తగ్గును - అని అందు నిర్వచించెను. ఈ విధమున మన గురుత్వాకర్షణ శక్తములు అనంతముగా ఉత్పాదించకుండ అనంతమువఱకును పదార్థముయొక్క సరాసరి సాంద్రత ఎల్లెడల స్థిరముగనుండుట సాధ్యమగును. 'వస్తు ఆత్మ కేంద్రమువంటి స్వభావముకలది ఏదియో ఒకటి కలిగియున్నది' అను అంగీకారముకాని కావమునుండి, విముక్తి లడయుదుము. అనుభవగతమైనట్టిగాని, ఆలోచనాసిద్ధమైనగాని 'పునాది'లేని మ్యూటను సూత్రమును తలతోకలు మార్చి, క్లిష్టముగావించి, సంపాదించిన పరిశ్రమతో (మూల్యముతో) ఉదాహృతములైన ప్రధాన ప్రతిఘోషమునుండి అవశ్యమూ విముక్తిని (విమోచనమును, విమడలను) విలుచుకొంటిమి. ఇది, రాజకంటె ఎందుకు మెలుగు అంటే తగుకారణ సంపత్తి సమకూర్చుకొని, సూత్రములు, అనంతములుగా, ఏతల్ కార్యసాధనమునకుగాను మనము ఉపాసించవచ్చును. ఎందువలననగా, మ్యూటను సూత్రము సాధ్యత్రిక సిద్ధాంతముల తత్వముమీద ఎంత తక్కువ అభారపడియున్నదో వరిగా అంత ఉపపత్తి కల్పించి, ఏ సూత్రమునును స్థాపించవచ్చును.

జగత్తు పరిమితమగుచునే అనంతమగుట సంభవమా ?

కాని, జగన్నిర్మాణముపై గావించు ఊహాగానములు కూడ పూర్తిగ జేటొక డిక్కుగ నడచుచున్నవి. యూక్లిడియన్ కక్షకు సంబంధించని రేఖా గణితశాస్త్రాభివృద్ధి ఊహాత్మక సూత్రములతోగాని అనుభవ వృత్తముతోగాని, ఘర్షణ పడకుండ, మన స్థలముయొక్క 'అనంతత్వము' అనుమానాస్పదమను విషయమును గుర్తించునంతవరకును తీసికొని వచ్చినది (రైమాన్ పాల్మ్ హోల్ట్జ్). ఈ సమస్యలు పాలెమ్ హోల్ట్జ్, టోయిన్ శెర్ వలన, అన్నిటిని అధిగమించునంత (అంతకు మించి మరి శక్యముగానంత) తేటతెల్లముగ విమర్శింపబడినవి. అందు చేత నేనిక్కడ వాటిని సంక్షిప్తముగ స్పృశింతును.

మొట్టమొదటిగ రెండు కొలతల స్థలమున ఒకస్థితిని ఊహంతము, బిల్ల వలుపు వస్తువులు, బిల్ల వలుపు పరికరములూ, అందు ముఖ్యముగా దృఢమైన బిల్లవలుపు కడ్డీలూ, ఒక సమతలమున స్వేచ్ఛగ కదలును వాటికి ఆ సమతలమునకు ఆవలి ఏమియునూ ఉండదు. తమకు తమతోడి బిల్లవలుపు వస్తువులకూ చూచుటయే జరుగుచున్నదియూ అవి ఉన్న తలమునందలి వాస్తవిక సర్వస్వము అనుకొనును. ప్రత్యేకించి, యూక్లిడియన్ రేఖాగణిత నిర్మాణములు కడ్డీల మూలముగ నిర్వహింప వచ్చును. ఉదాహరణ 24వ ప్రకరణమునం దనుకొనిన అల్లిక నిర్మాణములు (చట్టములు) మనకు వ్యతిరేకముగ ఈ వస్తుజగత్తు ద్విమితమై యున్నది. కాని, మన జగత్తువలెనే అదియనూ అనంతముగా వ్యాప్తము వాటి జగత్తున కడ్డీలతో చేయబడిన అనంత సంఖ్యాకమయిన సర్వసామాన్య చతురస్రములకు అవకాశమున్నది అనగా, దాని ఘనము (ఉపరిభాగము) అనంతము. ఈ స్థితిములు తమ జగత్తు ఒక

సమతలము అని నిర్వచించిన అది అర్థమున్నది. అది ఎట్లనిన తమ కడ్డీలతో యూక్లిడియన్ సమతల రేఖాగణిత విశ్లేషణములు చేయగలవని చాటియొక్క తాత్పర్యము. ఈ సందర్భమున తమ ఉనికిమీద ఆధార పడకుండ ఆ కడ్డీలు దేనికదిగా ఎల్లప్పుడు ఒకే దూరమును సూచించును.

యిత యిప్పుడు మఱియొక ద్విమితి ఉనికినిగూర్చి ఇంచుక ఆలోచింతము. కాని, ఈ పర్యాయము సమతలము నందుగాక గోళము యొక్క ఉపరి భాగమునందలి స్థితములు తమ కొలత కడ్డీలు, యిత రములగు వస్తువులతోసహా బల్ల పలుపుగనున్న ఈ ఉపరిభాగమున కచ్చితముగ సరిపోవును. మరియు దానిని వదలియుండజాలవు. శేవలము ఆ గోళముయొక్క ఉపరి భాగముమీదుగ, పరిశీలనకయిన చాటి యొక్క యావత్తు జగత్తు వ్యాప్తమైయుండును. తమ జగత్తుయొక్క శ్రేణిగణితము, తల రేఖాగణితబద్ధమై నటులుగను, తమ కడ్డీలు సహితము దూరముయొక్క పరిగణనముగను ఈ స్థితములు కాగలవా? అవి అట్లు చేయలేవు - ఎందుచేతననగా, అవి ఒక ఋజురేఖను గ్రహించుటకు ప్రయత్నించినయెడల ఒక వక్రరేఖ సిద్ధించును. త్రిమితి స్థితులగు మనము దానినే ఒక బృహత్పృథ్వు తలము (వర్తులము) అని పేరిడుదుము. అసగా, ఒక కొలతకడ్డీతో కొలువ గలిగిన పరిమితము నిశ్చితమైన పొడవులతో, స్వయంకలితమైన రేఖ అదేవిధముగ కడ్డీలతో నిర్మింపబడిన చతురస్ర వైశాల్యముతో పోల్చగలిన, నిశ్చితమైన వైశాల్యము ఈ జగత్తు కలిగి యున్నది. "ఈ స్థిరజగత్తు అంతవంతమూ మరియును అసమము అను యదార్థమును గుర్తించగలుగుటయే ఈ చర్చా ఫలితముగ తేలిన అద్భుత విశేషము

కాని, యూక్లిడియన్ జగత్తున కాము నివసించుటలేదని కనుగొను నిమిత్తమై, గోళోపరిస్థితములు ప్రవచనాత్మకై బయలుదేరవలసిన అవసరములేదు. ప్రపంచముయొక్క అశిశూఢ్మభాగమునే కాకుండ ప్రపంచ

తమున ప్రతి భాగమునందునను పై విషయమును గనకురామై అది ఒక ద్వికాడిప్రాయమునకు రాగలుగును ఒక విదువునుండి అశంకించి, అన్నివైపులకు సమానమైన పొడవుగల ఋజురేఖలను (క్రిమిగ స్థంమున వృత్తరాపములు) అవి గీయును. ఈ రేఖల విడవడిన కొనలను కలుపుచున్న గీతను అది "వృత్తము" అని వ్యవహరించును సమశలమునకు దెలిసిన యూక్లిడియన్ రేఖగణిత ప్రకారము ఒక సమశలముయొక్క ఉపరి భాగమున ఒక వృత్తపరిధియొక్క, దాని వ్యాసముయొక్క పొడవులను ఒకే దండముతో కొలువచేసిన, ఆ వృత్తపరిధిని, దాని వ్యాసమునకుమాగల అ నిష్పత్తి, ఆ వృత్తవ్యాసముపై ఆధారపడని గ అను ఒక స్థిరమైన విలువయొప్పుది బల్ల పలుపుగనున్న ఉపరి భాగముమీది స్థితములు వాటి గోళోపరిభాగమున అ నిష్పత్తి ఈ దిగువ విలువగ కనుగొందును.

$$\pi \frac{\text{Sin} \left(\frac{r}{R} \right)}{\left(\frac{r}{R} \right)}$$

అవగా గ గంటెమ తక్కువ విలువయగును. "ప్రపంచగోళము యొక్క వ్యాపార్థమగు R తో పోల్చగా, వృత్తవ్యాపార్థము అతిశయించుకొంది ఆ తేడా ఎక్కువ గణనకు వచ్చును. ఈ సంబంధము సహాయమున కొలుచుటకుగాను, పాపేడముగ గోళ అక్షమొక్క స్వల్పభాగము మాత్రమే యయివను, లభ్యమైనచో, వారి అక్షమొక్క ప్రపంచముయొక్క వ్యాపార్థమును గోళస్థితిములు నిర్ణయింపగలవు. లంచుస్వల్పమగు గోళ శంకముయొక్క ఉపరిభాగము అంతయే పరిసూతము"ల సమగల భాగమునుండి స్వల్పాభివృద్ధిముగ భోల్లము. గనుక (ప్రయోగార్థము గొనిన) గోళ శంకము అతిస్వల్పమైనయెడల, "గోళాకార ప్రపంచమున

నున్నాము. యూక్లిడియన్ సమతలమున కాదు" అను గోళ స్థితవాసులు ఋజువు చేయలే పోవుదురు.

ఈ విషయముగ గోళాకార జగత్తున సూర్యకుటుంబము ఒక్క లెక్కకు రానంత చిన్నభాగమైన ఒక గ్రహముమీద పూర్వోక్తమైన గోళ స్థితులు నివసించుచున్నయెడల, వారు నివసించుచున్నది, అంతవ తమగు జగత్తునందుననో లేక అవతలిమైన జగత్తునందునో నిశ్చయించుటకు మార్గములేని వారగుదురు. ఏలనన వారికి అడుతాటులోనున్న జగత్ భాగము, ఉభయత్రాసమతలము లేక యూక్లిడియన్ గణితబద్ధ ప్రదేశమై యున్నది - ఈ చర్చచుండి సూటిగ లభించు ఫలితమిది - మన జగత్ప్రతి అంతమగునటునూ మన గోళ స్థితులకు వ్యాసార్థముతో వృత్తపరిధియూ అతిశయించుచూ ఉండును. అటుపిమ్మట వ్యాసార్థమువిలువ యింకను అతిశయించుకొలిది. ఆ పరిధి క్రమేణా "నున్న" వరకును ఊడించును. ఈ ప్రక్రియలో తుట్టుతుడకు యావత్ జగత్ గోళీయ వైశాల్యమొత్తముతో వృత్తవైశాల్యము సమానమగు వరకుమా, వృత్త వైశాల్యము అంతకంతకు వృద్ధిగా కొనసాగుచుండును. ఆ వృత్తమైన అన్య ఉపరితలమునకాకుండ గోళముమీదనే స్థితములు నిలువనేల యని పాఠకులు లెచుక! ఆశ్చర్యపడవచ్చును "ఆ వృత్తముల ఉపరితలము లన్నిటిలో, అన్ని విందువులు కుద్యతనుండు ధర్మము కలిగిన ఏకైకమాత్రము గోళమే". ఈ యదార్థమున మన యెన్నిక శ్వాస సంయుతమైనది యగును. ఒక వృత్తముయొక్క పరిధియైన 's' కిని, దాని వ్యాసార్థము 'r' కును గల నిష్పత్తి 's' మీద ఆధారపడియుండును. కాని 'r' నకు దత్తమయిన ఒక విలువ, జగత్ గోళీయ విందువు లన్నిటికి అదియే విలువ యగును. అనగా, 'జగత్ గోళము' ఒక స్థిర వక్రముయొక్క ఉపరితలముగ నున్నది.

ద్విమితినున్న ఈ గోళ జాతుకు రీమన్ చే కనుగొనబడిన 'త్రిమితి గోళీయ స్థలము' అనబడు త్రిమితి సాదృశ్య మొకటియున్నది. దాని

లిందువు లదేవిధమున అన్నియు తుల్యములు. వ్యాసార్థముచే నిర్ణయం పబడిన ఒక నిర్దిష్ట ఘనపరిమాణమును ($2\pi^2 R^3$) అది కలిగియున్నది. ఒక గోళీయ స్థలమును ఊహించుట సాధ్యమా? ఒక స్థలమును ఊహించుట అనిన మన స్థలానుభవ సంగ్రహము ఊహించుటకంటె వేరేమియు కాదు అనగా దృఢమైన వస్తువుల కదలికలో మనకు కలుగు అనుభవము. ఈ భావమున, మన మొక గోళాకారస్థలమును ఊహించ గలుగుదుము.

ఒక లిందువునుండి అన్ని వైపులకునూ, మనము లేఖలను గీచితమి లేక రారములు సాగదీసి యుంచితిమి అని అనుకొందము. ఒక కొలత కడ్డితో 'r' దూరమున వీని కన్నిటిని గుర్తులుంతుము స్వేచ్ఛగా విడివడిన ఈ పొడవుల కొన లిందువు న్నియు ఒక గోళోపరిభాగమును అంటియుండును. కొలతకడ్డితో చేయబడిన చతురస్రము సహాయమున ఈ ఉపరితలము వైశాల్యము F ను వ్రత్యేకించి కొలువగలము అప్పుడు జగత్తు యూక్లిడ్ మతమున $F=4\pi r^2$ అది గోళీయమైన పుడు F ఎప్పుడునూ $4\pi r^2$ నకు తగ్గియుండును 'r' విలువలు అతి కలియించుటతో '0' నుండి జగత్ వ్యాసార్థముతో నిశ్చయింపబడినట్టి, గరిష్టమగు విలువ వరకును F వృద్ధిపండును (పెరుగుచుండును) కాని 'r' యొక్క విలువ యింకానూ అతికలియించిన క్రమేదా, వైశాల్యము '0' వరకును క్షీణించును. మొట్టమొదట ప్రారంభమైన లిందువునుండి ప్రసారితమైన ఋజులేఖలు ఒకదాని కొకటి అంతంతకు దూరముగ అపసృతమగును. కాని, అంతరము అవి, ఒకదాని నొకటి చేరవచ్చును. చిట్టచివరకు అవి బయలుదేరిన లిందు యొక్క 'వ్రతిరూప లిందువు' (Counte Point) యొద్ద మరల కలిసిపోవును. అట్టి పరిస్థితుల యందు, అవి గోళీయస్థలము యానత్తూ పయనించినవి. ద్వితీయ గోళోపరితలమునకు కేవలము సాదృశముగ త్రిమితి గోళోపరితల మున్నదని సులభముగ కనిపెట్టితిమి. అది అ కవంతము [అనగా ఘన ప్రమాణము నియమితము మరియు అ'మఘు (హచ్చలు లేనిది)]

మరియొకరకపు వక్ర స్థలమున్నది అది "దీర్ఘ వృత్తాకార స్థలము". రెండు ప్రతిమాప విందువులు సర్వసమానములు. (ఒక దాని నుండి ఒకటి ఏర్పడవరానివి) అయిన ఒక 'వక్రస్థలము'గ దానిని పరిగణింపవచ్చును. కేంద్రీయ సమమితిని కలిగియున్న ఒక వక్రజగత్తుగ, ఒక దీర్ఘ వృత్తాకారజగత్తును కొంతవరకు పాటించవచ్చును.

హద్దులులేని ఆవృత స్థలములు ఊహింపవచ్చునని యింతవరకును సల్పిన మన పర్యాలోచనమున తేలిన సారాంశము గోళీయ స్థలము (మరియు దీర్ఘ వృత్తాకార స్థలము)న అన్ని విందువులు తుల్యములు కనుక సరళత్వమున అది అన్నిటిని అతిక్రమించుచున్నది. ఈ చర్చా ఫలితముగ, ఖగోళకాస్త్రవేత్తలకును ఉత్సాహకరమైన ఒక ప్రశ్న ఉదయించును మనము నివసించు జగత్తు (అనలు) పరిమితమా? లేక గోళాకార జగత్తు మాదిరిని పరిమితమా? మన అనుభవము ఈ ప్రశ్నకు సమారావము ఈయగలుగుటకు చాలినంతగా లేదు. కాని, సాంస్కృతిక సాపేక్షా సద్భావము దీనికి ఒక విధముగ సమాధాన మీయగలుగును. ఈ సందర్భమున కిదివ ప్రకరణమున ఉదహరింపబడిన ప్రతిబంధమునకు సముచితమైన పరిష్కారముల బడినది.

సాంఘిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతరీత్యా స్థల నిర్మితి

సాంఘిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతరీత్యా స్థలముయొక్క రేఖా గణిత ధర్మములు స్వతంత్రముగ నిర్ణయనవికాపు కాని పదార్థముల మూలమున అవి నిశ్చయింపబడును. తెలియబడిన ఒకదానిని గొని, "ఒక పదార్థ స్థితి మనకు తెలిసినది" అన్న ఆధారముపై చేసిన సమాలోచన జగత్తుయొక్క రేఖా గణిత నిర్మితినిగురించి తుదినిర్ణయములు ఆహరించవచ్చును. సముచితమగునటుల ఎన్నుకొనిన నిర్దేశకాంక విధానమున కాంతి పారగమనము యొక్క సరళ వేగముతో పోల్చి చూచిన, నక్షత్రముల సరళ వేగములు తక్కువని, అనుభవమువలన మనకు తెలిసినదే. పదార్థము నిశ్చలతనున్న టులు భావించుకొనినచో సగటున జగత్తుయొక్క స్వభావమును గూర్చి ఖంచుమించు సరిపోగల తుదినిర్ణయమునకు మనము రాగలుగుదుము.

కొలతకడ్డీలు, గడియారముల యొక్క వడవడి, గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రములవలన, అనగా పదార్థవ్యాప్తి విభజనచే ప్రేరేపింపబడి యున్నదని లోగడ చర్చలనుండి మనము తెలిసికొంటిమి. మన జగత్తులో యూక్లిడియన్ రేఖా గణితముయొక్క సరియైన ఋజుత్వము యొక్క సాధ్యత త్రోసిపుచ్చుటకు ఈ ఒక్క ఏషయము చాలియున్నది. కాని మన జగత్తు యూక్లిడియన్ జగత్తునుండి స్వల్పముగనే భేదించుచున్నదని ఊహింపబడినది. ఈ ఊహాయునూ ఎక్కువ సంభవనీయముగ కనబడును. ఏలననగా సూర్యుని పరిమాణమునకగు ద్రవ్యరాశుల సహా చాలా తక్కువమేరకు పరిపృథ స్థలముయొక్క కొలతలు వాని ప్రభావమునకు లోబడియున్నవి. మన జగత్తు చెప్పుకోదగినంతగా ఎచ్చటను సమతలము నుండి విడివడియుండక, ఒక చిన్న చిన్న అలలతో చలించు సరస్సు యొక్క తలమువంటి ఒకానొక సమతలముతో ఏ భాగమున కాభాగము

క్రమబద్ధముకాని వక్రమునున్న తలమును పోలియున్నదని రేఖ గణిత సాంప్రదాయముగ మనము ఊహించవచ్చును అట్టి జగత్తును ఇంచు మించు స్థూలదృష్ట్యా కావ్యాకృతిలో యూక్లిడియన్ జగత్తు అనుట సముచితము. స్థలమునకు సంబంధించి అది అవరిమితముగ నుండును. కాని కావ్యాకృతిలో యూక్లిడ్ జగత్తున పదార్థము యొక్క సరాసరి సాంద్రత అవశ్యములేనిదే (Nil) అయి యుండవలెనని లెక్కలు చూపుచున్నవి. అట్టి జగత్తు సర్వత్రా 'పదార్థము'తో కూడియుండకాలదు. 80 వ ప్రకరణమున చిత్రించిన అనంతప్రకారమైన భావచిత్రమే మనకు గోచరించెను.

భేదము ఎంత స్వల్పముగ నున్నను పదార్థముయొక్క సరాసరి సాంద్రత 'సున్న'కు విభిన్నముగనున్న సరాసరి సాంద్రతగల పదార్థత జగత్తులో నుండవలెనన్న, ఆ జగత్తు అప్పుడు స్థూలదృష్ట్యా (కావ్యాదృష్ట్యా) యూక్లిడ్ జగత్తు కావేరదు. అందుకు వ్యతిరేకముగ, ఒకే రీతిగ పదార్థవ్యాప్తత అరియున్నయెడల, జగత్తు అవశ్యము, గోళాకారముగనో లేక దీర్ఘ వృత్తాకారముగనో ఉండవలయునని గణన ఫలితములు సూచించును వాస్తవమునకు తఱచి తఱచి చూచిన పదార్థ వ్యాప్తత ఒకేతరునిలేదు కనుక వాస్తవ జగత్తు విడివిడి భాగములలో గోళాకారము కావలసినవచ్చును. అనగా, జగత్తు కావ్యాకృతిలో యించు మించు గోళాకారమున నుండును. కాని, అది అవశ్యమూ పరిమితమైనదే అయియుండును పదార్థమునకు ఆ సిద్ధాంతము జగత్తున స్థల విస్తీర్ణతకును, అందుండిన పదార్థముయొక్క సరాసరి సాంద్రతకును గల ఒక సామాన్య సంబంధమును కల్పించును.

(1) జగత్తుయొక్క వ్యాసార్థమైన R ను కనుగొనుటకు ఈ సమీకరణము లభ్యమగును.

$$R^3 = \frac{2}{K}$$

ఈ సమీకరణములో C. G. S. నిధానము వాడిన $\frac{2}{K} = 1.08 \times 10^{27}$,

[— పదార్థముయొక్క సరాసరి సాంద్రత; K —మ్యాటను యొక్క గురుత్వాకర్షణ స్థిరరాశిలో సంబంధించిన ఒక స్థిరరాశి.

అనుబంధము - 1

లారెన్ట్జ్ రూపాంతరణకు సామాన్యత్యాదనము

(11 వ ప్రకరణమునకు అనుబంధము)

2 వ చిత్రమున సూచించ (బడిన నిర్దేశాంక విధానములు సాపేక్షముగ అభిస్థాపనకుగాను, రెండు విధానము ఆందలి 'x' అక్షములు ఒక దానితో నొకటి కాశ్యకముగా పీఠవించును. x - అక్షముమీద స్థానము నిర్దేశింపబడిన సంఘటనలను మొదట విచారణ చేయుట మూలమున. వ్రస్తుత సందర్భమున సమన్యమైన మనము భాగములుగ విభజింపవచ్చును. అట్టి సంఘటన పరిధియైన K నిర్దేశాంక విధానమునకు సంబంధించి, x భుజము, t కాలముల మూలమునను, K' విధానమునకు సంబంధించి, x' భుజము, t' కాలముల మూలమునను సూచింపబడును. x, t లు ఇచ్చినపుడు x', t' లు మనము కనుగొనవలసి యుండును.

x యొక్క ధనాత్మక అక్షమున సాగిపోవుచున్న కాంతి సాంకేతికము ఈ సమీకరణమునకు అనుగుణముగ పంపబడును.

$$x = ct$$

$$\text{లేక } x - ct = 0 \dots \dots \dots (1)$$

ఈ కాంతి సాంకేతికమే 'c' సరళ వేగముతో K' కు సాపేక్షముగా పంపించవలసియుండును గనుక, K' విధానమునకు సాపేక్షముగా ప్రసారణము ఈ దిగువ సాదృశ్యము సూత్రమున సూచింపబడును.

$$x' - ct' = 0 \dots \dots \dots (2)$$

(1) కి సమాధానపటచు, ఆ స్థలకాల బిందువులు (సంఘటనలు), (2) మ కూడ సమాధానపటచ వలసియుండును. ఆ సంబంధము సర్వ సామాన్యముగా పూరణము గావించబడునపుడు, స్పష్టముగ

$$(x' - ct') = \lambda (x - ct) \dots \dots \dots (3)$$

సమీకరణమువలె నుండును - ఇందు 'λ' స్థిరరాశిని పూచించును. ఎందువలననగా, (3) సమీకరణము రీత్యా, $(x - ct)$ తిరోధానమయిన, $(x' - ct')$ కూడ తిరోధానము కావలసినదే.

ఋణాత్మకమైన 'x' అక్షముమీదుగా పంపబడిన కాంతి కిరణము లకు అదేమాదిరి అవకాశములు కల్పించినయెడల ఈ దిగువ సమీకరణము సిద్ధించును.

$$(x' + ct') = \mu (x + ct) \dots \dots \dots (4)$$

(3), (4) సమీకరణములను కలుపుటవలన (లేక తీసివేయుటవన) నూ. λ, μ స్థిర రాశులస్థానే, సౌలభ్యముకోసమై, a, b లను ప్రవేశ పెట్టిట వలెనూ, ఇటులగును.

$$a = \frac{\lambda + \mu}{2}$$

$$b = \frac{\lambda - \mu}{2}$$

అవుడు, ఈ దిగువ సమీకరణములు సిద్ధించును.

$$\left. \begin{aligned} x' &= ax - bct \\ ct' &= act - bx \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (5)$$

a, b స్థిర రాశులు తెలిసినయెడల, ఈ విధముగ, మన సమస్యకు పరిష్కారము చేకూరును ఈ దిగువ చర్చవలన, ఈ ఫలితములు లభ్యమగును

K' మూల నిందువుకు నూ, $x' = 0$ ఉండుటవలన (5) వ సమీకరణమున మొదటిదాని ననుసరించి

$$x = \frac{bc}{a} \text{ ని అవయుదుము.}$$

K కి సాపేక్షముగ, K' యొక్క బిందువు చలించు సరళవేగము 'v' అయిన

$$v = \frac{bc}{a} \text{ అగును.....} \quad (6)$$

K కి సాపేక్షముగ, మరియొక బిందువు అయిన K' యొక్క సరళ వేగము లెక్కగట్టిన యెడలగాని, లేక (x అక్షమువైపునకు మరలింపబడిన) K' కు సంబంధించి, K బిందువుయొక్క సరళ వేగము లెక్కగట్టిన యెడలగాని (5)వ సమీకరణమునుండి 'v' కి అదేవిలువ బడయ గలుగుదుము సంతృప్తిగా ఈ ఉభయ విధానములకు సాపేక్ష సరళ వేగము 'v' అని మనము పేర్కొనవచ్చును.

ఇంతేకాదు, K నుండి నిర్ణయింపబడి, K' కి సంబంధించి, నిశ్చలతనున్న కొలతకెట్టి ఏకప్రమాణపు పొడవూ K' నుండి నిర్ణయింపబడి, K కి సాపేక్షముగా నిశ్చలతనున్న కొలతకెట్టి ఏక ప్రమాణపు పొడవూ కచ్చితముగా ఒకటే అయి ఉండవలెనని, సాపేక్షతా సిద్ధాంత మూలతత్త్వము తెలుపుచున్నది. K నుండి చూచినపుడు x'-అక్షముమీది బిందువులు ఎట్లు కనబడును-అనునది తెలియటకుగాను, K నుండి, K' యొక్క ప్రతి బింబము తీసికొనవలయును. (K యొక్క కాలము t యొక్క ప్రత్యేకించిన విలువను ప్రతిక్షేపింప వలసియున్నది - అని దీనియర్థము. ఉదా: t=0. t యొక్క ఈ విలువకు (5)వ సమీకరణమునందలి మొదటి దానినుండి

$$x' = ax \text{ నిర్దిష్టమవును.}$$

K' విధానముతో కొలిచిన దూరము $\Delta x = l$ అగునట్లు వేరు చేయబడిన x' అక్షముమీది రెండు బిందువులు దూరమున మనయొక్క తత్క్షణమున తీసిన ఛాయాచిత్రముతో

$$\Delta x = \frac{l}{a} \text{} \quad (7)$$

వలన వేరుచేయబడును.

కానీ, K' నుండి ($t'=0$) ఉడిక ఛాయాచిత్రము తీసిన యెడల (5) సమీకరణమునుండి t ని విడచి వేసినచో, (6)వ వ్యక్తికరణమునుండి

$$x' = a \left(1 - \frac{v^2}{c^2} \right) x$$

మనకు సిద్ధించును.

దీనినుండి, (K కి సాపేక్షముగ) ' x ' అక్షముమీది రెండు బిందువులు ప్రవ్రమాణ దూరమున విడివడి యుండినయెడల, మన ఉడిక ఛాయా చిత్రమున

$$\Delta x' = a \left(1 - \frac{v^2}{c^2} \right) \dots\dots\dots (7, a)$$

దూరమున వివరించవచ్చును.

కానీ, పూర్వము చెప్పబడిన దానినుండి రెండు ఉడిక ఛాయా చిత్రములూ సర్వసమానములై యుండవలెను. అందుచేత (7) వ సమీకరణములోని Δx , (7-a) లో $\Delta x'$ కు సమానముగ నుండవలయును. అందువలన

$$a^2 = 1 / \left(1 - \frac{v^2}{c^2} \right) \text{ సిద్ధించును} \dots\dots\dots (7-b).$$

6. (7-b) సమీకరణములు, a , b స్థిర రాశులను నిశ్చయించును. (5) వ సమీకరణములో ఈ స్థిరరాశులకు ప్రవేశము కల్పించుటవలన, 11 వ ప్రకరణమున ఈయబడిన ఒకటవ, నాలుగవ సమీకరణములు మనకు సిద్ధించును.

$$\left. \begin{aligned} x' &= \frac{(x - vt)}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \\ t' &= \frac{t - \frac{v}{c^2} x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (8)$$

ఈ విధముగ x అక్షముమీది ఘటనలకు లారెన్స్ ట్ ట్ రూపాంతరణము మనకు సిద్ధించెను. అది ఈ నియమమును పాటించును.

$$x'^2 - c^2 t'^2 = x^2 - c^2 t^2 \dots\dots\dots (8-a)$$

(8) వ సమీకరణమును యథాతథముగనే యుంచుచూ,

$$\left. \begin{array}{l} y' = y \\ z' = z \end{array} \right\} \dots\dots\dots (9)$$

అను సంబంధముతో పూరించుటవలన, x అక్షమునకు వెలిగా సంభవించు ఘటనలతోసహా పై ఫలితముయొక్క వ్యాప్తి మగకు సిద్ధించును

K విధానమునకునూ, K' విధానమునకునూ ఇచ్చానుగతమగు దిక్కుగా, చను కాంతికిరణములకు 'గూఢ్యము'నందలి కాంతి సరళస్థిరత్వ గృహీతమును ఈ విధముగ సమాధాన వలచవచ్చును. ఈ దిగువ విధమున వానిని చూపించవచ్చును.

$t=0$ అయిన కాలమున, K యొక్క మూలబిందువునుండి ఒక కాంతి సంకేతికము పంపితిమని భావితము. అది

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} = ct$$

అను సమీకరణము ననుసరించి ప్రవరింపబడును. లేక, ఈ సమీకరణమును వర్గీకరణము చేయుటవలన వచ్చు

$$x^2 + y^2 + z^2 - c^2 t^2 = 0 \dots\dots\dots (10)$$

అను సమీకరణము ననుసరించియు, ప్రసారణ క్రియ జరుగును.

సాపేక్షతా సిద్ధాంత గృహీతముతో చేరిన కాంతి ప్రసారణ సూత్రమున, K' నుండి నిర్ణయించిన, పై లెక్కలోని కాంతి సాంకేతిక పారగమనము

$$r' = ct'$$

అనుదానికి అనుసంధించిన సూత్రము ప్రకారము ఒరుగవలెను - అనునది ఉపసాద్యము కావలెను.

$$\text{లేక, } x'^2 + y'^2 + z'^2 - c^2 t'^2 = 0 \dots\dots\dots (10.a)$$

(10 a) వ సమీకరణము. (10) వ సమీకరణమునకు సర్వవపావముగ నుండ టక గాను

$$x'^2 + y'^2 + z'^2 - c^2 t'^2 = \sigma (x^2 + y^2 + z^2 - c^2 t^2) \dots (11)$$

అను సమీకరణము మనకు కావలెను.

x అక్షముమీది నిందువులకు (8-a) సమీకరణము సరివడవలయును కనుక $\sigma = 1$ అని మనకు సిద్ధించును. $\sigma = 1$ కు, 11 వ సమీకరణమును లారెన్ట్ ట్ ట్ రూపాంతరణము వాస్తవముగ సరిపోవునని నులభముగ విరూపితమగును. ఈ విధముగ లారెన్ట్ ట్ ట్ రూపాంతరణమును మనము ఉత్పాదించ గలుగుదుము.

(8), (9) సమీకరణముల మూలమున సూచించబడిన లారెన్ట్ ట్ ట్ సిద్ధాంతము యింతనూ సర్వసామ్యము గావించబడవలయును. K అక్షములకు K' అక్షములు సమాంతరానుకూలముగ ఎన్నుకొనబడినవా? లేవా? అనుదానితో నిమిత్తములేదని స్పష్టమగును. K' సరళవేగము, K కి సంబంధించి, 'x' అక్షము దిక్కుగ సుంజవలయును అనునది కూడా అంత ముఖ్యముకాదు - ఇతర దిక్కులుగా సూచించు అక్షములతోడి. ఒక మాత్రన విధానమువలన దీర్ఘ చతురస్ర నిర్దేశాంకవిధాన ప్రతిష్ఠాపనకు అనుసంబంధించిన రెండు రకముల రూపాంతరణములనుండి, అనగా (1) విశిష్టార్థముల లారెన్ట్ ట్ ట్ రూపాంతరణము నుండియు, (2) వేలము అంతరాళ రూపాంతరణము నుండియు, సర్వ సాధారణార్థమున లారెన్ట్ ట్ ట్ రూపాంతరణము మనము నిర్మించగలము అని యింపుక ఆలోచించిన తెలియగలదు.

గణితశాస్త్ర రీత్యా, సర్వసామ్యము గావించబడిన, లారెన్ ట్ డ్ రూపాంతరణ గుణస్వభావము నిట్లు చిత్రించవచ్చును

$$x'^2 + y'^2 + z'^2 - c^2 t'^2 = x^2 + y^2 + z^2 - c^2 t^2 \dots \dots (11 a)$$

సర్వసామ్య సంబంధము గలిగినట్టి, x, y, z, t అను శీతము. సమాన ఉత్పన్నఫలములు అను మాటలలో x', y', z', t' అను వ్యక్తపరచవచ్చును. అనగా, ఎడమవైపుననున్న x', y', z', t' అను దానిస్థానే x, y, z, t లో నున్న వాటి వ్యక్తికరణములు ప్రతిక్షేపించిన యెడల, అప్పుడు (11.a) లో ఎడమవైపున నున్నది, కుడివైపుననున్న దానితో ఏకీకరించును.

అనుబంధము - 2

మిన్ కౌస్కి చతుర్మితీయ అంతరాళము

(17 వ ప్రకరణమునకు అనుబంధము)

కాలము చరరాశి t స్థానే ఊహాంకము $\sqrt{-1} \cdot ct$ ని ప్రవేశ పెట్టినయెడల, లారెన్ట్ డ్రాపాంతర గుణస్వభావములు ఇంకను సులభముగ మానము వివరింపవచ్చును. ఇందున కనుగుణముగా,

$$x_1 = x$$

$$x_2 = y$$

$$x_3 = z$$

$$x_4 = \sqrt{-1} \cdot ct$$

ప్రవేశపెట్టినయెడల, అదేరీతిని ప్రధానమైన K' విధానమున జరిపిన యెడల, ఆ రూపాంతరణమును (ఉభయతః సరిసమానమైన) ఈ దిగువ రీతిని వెలువరించవచ్చును :

$$x_1'^2 + x_2'^2 + x_3'^2 + x_4'^2 = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2 \dots (12)$$

అనగా, నిర్దేశాంకములకు ముందు ఉదహరింపబడిన ఎన్నిక మూలమున (11a) సమీకరణము, పై సమీకరణములోనికి రూపాంతర మందినది.

(12) వ సమీకరణమునుండి, ఊహాత్మక కాలనిర్దేశాంకమగు x_4 , స్థలాత్మకమైన x_1, x_2, x_3 నిర్దేశాంకములుగ, రూపాంతరణ దశకు ప్రవేశించినది. ఈ హేతువువలననే సాపేక్షతా సిద్ధాంతానుసారము, స్థలాత్మకమైన x_1, x_2, x_3 , నిర్దేశాంకములవలె, కాలము ' x_4 ' అదే రూపమున స్వాభావిక సూత్రములలోనికి ప్రవేశించును. x_1, x_2, x_3, x_4 నిర్దేశాంకముల మూలమున వివరింపబడిన "చతుర్మితీయ ఏకాండము", "ప్రపంచకము" అని మిన్ కౌస్కిచే పిలువబడినది. ఘటనాఘటన లిందు

వును. ప్రపంచకము-లిందువు అని అతడు పేర్కొనెను. త్రిమితీయ స్థలమునందలి 'ఘటన' నుండి యథాస్థితముగ భౌతికకాస్త్రము చతుర్ముఖీయ ప్రపంచమున సుస్థితి గాంచును.

ఈ చతుర్ముఖీయముగు ప్రపంచకము (యూక్లిడ్) వైశ్లేషిక రేఖాగణితమందలి త్రిమితీయముగు స్థలమునకు సన్నిహిత సాదృశ్యమును కలిగియున్నది. ఒకే మూలబిందువుతో, త్రిమితీయ స్థలమున, కార్టీషియన్ నూత్న నిర్దేశాంక విధానమున (x'_1, x'_2, x'_3) అను ప్రవేశ పెట్టిన యెడల x_1, x_2, x_3 ల సజాతీయ ఫల ఉత్పన్నములుగ x'_1, x'_2, x'_3 లు అగును. అవి ఈ దిగువ సమీకరణమునకు అభిన్నముగ వర్తించును.

$$x'^2_1 + x'^2_2 + x'^2_3 = x^2_1 + x^2_2 + x^2_3$$

(12) వ సమీకరణముతోడి సాదృశ్యము సంపూర్ణమయినది యగును. మిన్ కాస్కి "ప్రపంచమును", వ్యావహారిక మర్యాదను, (ఊహాత్మకమైన 'కాల' నిర్దేశాంకముతోకూడిన) చతుర్ముఖీయముగు 'యూక్లిడ్' మతమున 'స్థలము' అగునని మనము అవచచ్చును. చతుర్ముఖీయ ప్రపంచమున లాచెన్ట్జ్ రూపాంతరణము భ్రమణ నిరూపక విధానమునకు అనురూపముగ నుండును.

అనుబంధము - 3

సాంస్కృతిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతముయొక్క ప్రయోగాత్మక ధృవరూపణము

ఒక క్రమబద్ధమైన సైద్ధాంతిక దృక్పథమునుండి, ప్రయోగ సాధ్యమైన పరిణామ క్రమణికను అవిచ్ఛన్నమగు నిగమన ప్రక్రమముగ, మనము ఊహించవచ్చును. ప్రత్యేక పరిశీలనమున, అనుభవ ప్రధాన సూత్ర స్వరూపములలో, ఐహునంభ్యాకములయిన ప్రవచనములు, ఒండొంటికో పోల్చి సమీక్షించి, వానినుండి ధృవపలువనగు సర్వసామాన్య సూత్రములు, సూత్రప్రాయముగనే సిద్ధాంతములుగ వెలువరింపబడినవి. ఈ విధముగ పరిగణించినచో కాస్త్రాఖివృద్ధి, వర్గీకరణ మొనరించి వేకరించిన ఒక సూచీ వివరణమును కొంతవఱకు పోలియున్నది. అది యథాతథముగ గ్రహించిన ఒక సాహసమగు అనుభవ ప్రధానమైన ఉద్యమము.

కాని సరియైన ప్రక్రమము యావత్తు, ఏ విధముగనూ ఈ దృక్పథమున యిముడలేదు. ఎందువలననగా, ప్రయోగాత్మక కాస్త్రమున ప్రముఖపాత్ర వహించే అంతఃప్రేరణము నిగమనచింతన అను వానివి ఇది ఈ దృష్టి ప్రసక్తికి తేనేలేదు. ప్రాథమిక దశనుండి కాస్త్రము బయటపడిన వెంటనే, కేవలమూ ప్రక్రియలు వర్గీకరించినంత మాత్రమున సైద్ధాంతిక పురోగతులు కలిసిరావు. అనుభవగత దత్తాంశము చూపిన చారి నమసరించి ప్రత్యక్ష ప్రమాణము లనబడే అల్ప సంఖ్యాకములూ, మూల బద్ధములూ అగు ఊహ్యములనుండి, పేతుబద్ధముగ ఆహరింపబడిన ఒక ఆలోచనా విధానమును, సర్వసాధారణముగ అన్వేషకుడు సూత్రీకరించును. అట్టి క్రమబద్ధమైన ఆలోచనను "సిద్ధాంతము" అని వ్యవహరింతుము. సూత్రము ఏ ఒకటికీ ఆ ఒకటినిగొని సాధించిన ఐహునంభ్యాక

ముఖ్యము వరిశీలనములు వరస్పరము సంబంధములు అయినను సత్యముమీదనే సిద్ధాంతముయొక్క ఋజుత్వమున్నది.

అందువనే, సిద్ధాంత సత్యము పాదుకొనియుండు సంకీర్ణములయిన అనుభవమునందలి దత్తాంశములకు అనురూపముగ, గమనించ దగినంత మేరకు వరస్పరము భిన్నములైన, పెక్కు సిద్ధాంతములూ ఉండవచ్చును. కాని, సిద్ధాంతములనుండి 'నిగమనముల' పట్టి చూచిన, అవి శోధించుటకు చాలియున్నవి. రెండు సిద్ధాంతములు నిగమనములలో వరస్పరము భేదించును అనబడు నిగమనములను కనుగొనుట దుస్సరము. సిద్ధాంతములనబడు ఏకీభావము అంత పూర్ణముగ కుదిరియుండవచ్చును. ఉదాహరణమునకు డార్విన్ వెలయించిన బ్రతుకుటకైన పోరులో జరుగు జాత్యభివృద్ధి సిద్ధాంతములోనూ, వంశపారంపర్యా సంక్రమించు ఉపార్జిత గుణధర్మ పరికల్పనముమీద ఆధారపడియున్న అభివృద్ధి సిద్ధాంతములోను సాధారణముగ కుమారావరోధముగ విషయము జీవశాస్త్రమండలమున లభించును.

ఇటు న్యూటోనియన్ యాంత్రిక శాస్త్రములోనూ, అటువైపు సార్వత్రిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతములోనూ, ఈ రెండు సిద్ధాంతములనుండి అహరించబడిన నిగమనముల మధ్య సర్వత్రా అనువర్తించు ఐక్యత, మరియొక దృష్టాంతము - సార్వత్రిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతమునుండి వరిశీలనకు చాలిన నిగమము లొక కొన్నిమాత్రమే ఈనాటి వరకును కనుగొనగలిగితిమి సాపేక్షతా సిద్ధాంతమునకు పూర్వమున్న భౌతిక శాస్త్రముకూడ ఆ నిగమనములకు దారి కల్పింపదు. ఆ ఉభయ సిద్ధాంతములయందును ప్రధాన కల్పనలలోని గంభీరభేదము లక్షింపనంతగా ఈ ఐక్యత సాగిపోవుచున్నది. ఇక తెలుపజోవు విషయములలో, ముఖ్యములగు ఈ నిగమనములను పునర్విమర్శింపము. మఱియు ఇంతవరకునూ లభ్యమయిన ఆ నిగమనములకు సంబంధించిన అనుభవిక సాక్ష్యమును గూర్చియూ చేర్చింపము.

(ఎ) బుధునియొక్క అను సూర్య లిందు గతి.

న్యూటన్ నియన్ యాంత్రిక శాస్త్రము, న్యూటను గురుత్వాకర్షణ సూత్రము-వీటి ననుసరించి, సూర్యునిచుట్టును పరిభ్రమించు ఒక గ్రహము, సూర్యునిచుట్టూ, లేక యింకను విరుద్ధముగ, సూర్యునకును, గ్రహమునకును సమానముగాగల గరిమనాధి చుట్టూ, ఒక దీర్ఘవృత్తమును చుట్టును, అట్టి విధానమున సూర్యునకు లేక ఉభయసామ్య గరిమనాధి గ్రహమునకు సంబంధించిన దీర్ఘవృత్తముయొక్క నాది కేంద్రముల నొక దానిపై నుండును. ఒక గ్రహ సంవత్సర కాలములో, సూర్యునకు, గ్రహమునకు గల దూరము, కనిష్ఠమునకు దిగజారునట్టి క్రమమును పాటించును. న్యూటన్ సూత్రమునకు బదులుగ, లిన్నమగు ఆకర్షణ సూత్రమునకు గణనమున ప్రవేశము కల్పించిననూ, ఈ నవీన సూత్రానుసారము సూర్యగ్రహ మధ్యగతదూరము కాలిక వ్యత్యాసము చూపునట్లు గనే చలనము జరిగిపోవుచుండుటను కనుగొందుము. కాని, అట్టి కాల వ్యవధానములో (అను సూర్యునిందువునుండి సూర్యునకు అత్యంత సన్నిహితస్థానము అను సూర్య లిందువునకు) సూర్యుని, గ్రహమును కలుపుచు గీయబడిన రేఖవలన చేయబడిన కోణము 360° కానిపోవును. కక్ష్యరేఖ ఆపుడు ఆవృతమయియుండదు. కాని క్రమేణా, గ్రహపథ సంబంధ తలముయొక్క పరియభాగముచే పూరింపబడును. అనగా, సూర్యుని నుండి గల గ్రహగతదూరము కనిష్ఠవృత్తమునకు మధ్యగనున్నది.

సహజముగ న్యూటన్ సిద్ధాంతమునకు లిన్నమయిన సాంకేతిక సిద్ధాంతానుసారమున కూడా, న్యూటన్, కెప్లర్ గ్రహ గతి నుండి గ్రహము కక్ష్యలో కొలదిమార్పు సంభవించును. అది

$$+ \frac{24\pi^3 a^2}{T^2 c^2 (1-e^2)}$$

అనుదానివలన దత్తమైన ప్రమాణమొత్తము ఒక పూర్తిభ్రమణమునకు సంబంధించి, ఒక అను సూర్య లిందువునకు, దాని ప్రక్క లిందువునకు

మధ్య సూర్య-గ్రహ వ్యాసార్థముతో చుట్టబడిన కోణము ఎక్కువగా నుండునట్లు పథమించును.

(సూచన :- భౌతికశాస్త్రమున మామూలుగ వాడబడు నిరపేక్ష మాపకములో ఒక పూర్తిభ్రమణము 2గ కోణమునకు అను. రూపముగ నుండును. ఒక అను సూర్యలిండుపునకు దానివ్రక్క లిండుపునకు మధ్య గల కాలవ్యవధానములోని కోణమును సూర్య-గ్రహ వ్యాసార్థమును మించు ప్రమాణ మొత్తముపై వ్యక్తీకరణ ఇచ్చును.) ఈ సమాసములో 'd' దీర్ఘవృత్తముయొక్క ల్యూదర్థాక్షమునూ, 'e' దానియొక్క ఉత్కేంద్రతనూ, 'c' కాంతిగతి వేగమునూ, 'T' గ్రహ పరిభ్రమణ కాల పరిమితిని సూచించును. మన పరితమును ఈ దిగువ విధమున కూడ వ్రవచించవచ్చును - సూర్యత్రిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతానుసారము, గ్రహ కక్ష్యగతిలో సమానమైన భావమున, సూర్యునిచుట్టూ, దీర్ఘ వృత్తము యొక్క 'గురు అక్షము' పరిభ్రమించును. బుధగ్రహమునకు, ఒక్కొక్క శతాబ్దిమునకు, ఈ భ్రమణము '48' సెకనుల ప్రమాణమొత్తము అగుట సిద్ధాంతము ఆపేక్షించును. కాని, సూర్య కటుంబమునకు, యితర గ్రహములకు, దాని పరిమాణము ఇంత అని తెలుపరానంత చిన్నదిగ నుండవలయు¹.

వాస్తవిక సంభవమగు విషయమున, ప్రస్తుత కాలమున, అందు కాటవనున్న, అతిసూక్ష్మపరిశీలనకు సంబంధించి కచ్చితముగ బుధ గ్రహముయొక్క గోచరితమగు గతిని లెక్కపేయుటకు న్యూటన్ సిద్ధాంతము చాలదని బగోళ శాస్త్రవేత్తలు కనుగొనిరి. బుధ గ్రహముపై యితర గ్రహముల ఒత్తిడివలన కలుగు అలాడి క్రదాశములు లెక్కకుగొని,

1. అందులో ప్రశ్నేకించి, అశబుదాక్ష గ్రహములను కుట్రుడు, ఇంచు దించు ఒక క్రమ వృత్తమయిన కక్ష్యను కదిలయి న్నుది, ఇందువలన కచ్చితముగ అను సూర్య లిండుపు గుర్తించుట కష్టతరము.

(1859 న తెవెర్ రియర్, 1895 న న్యూకూమ్ప్) పై నుదహరింపబడినట్లు, ఒక్కొక్క శతాబ్దమునకు $+48$ చాపము సెకనులనుండి ఎక్కువ నిశితముగ భిన్నము గానటువంటి, సహేతుకముగ విశదీకరింప బడినటువంటి, బుధగ్రహ కక్ష్యముయొక్క అను సూర్యబిందుగతి అట్లునే ఉండునని కనుగొనబడెను. అనుభవిక ఫలితమయిన సంధిగ్ధ పరిమాణము కొన్ని సెకనులు మాత్రమే.

(బి) గురుత్వాకర్షణ షేత్రమువలన కాంతి విక్షేపము

సాంఘిక సాపేక్షత సిద్ధాంతానుసారము, ఒక గురుత్వాకర్షణ షేత్రముగుండా పోవునపుడు ఒక కాంతికిరణము తన పథమునుండి వక్రించుట అనుభవగతము. ఈ వక్రత, గురుత్వాకర్షణ షేత్రముగుండా వినరబడిన వస్తువుయొక్క పథ వక్రతను పోలియుండును. అది 22 వ ప్రకరణమున ఇంతకుముందే ఉదాహరింపబడెను. ఈ సిద్ధాంత ఫలితముగ, ఒక ఖగోళ వస్తువుపై పునకు వక్రీభవించును, అని మనము అభిప్రాయపడుచున్నాము. కేంద్రమునుండి సూర్యుని వ్యాసార్థముల Δ దూరమున సూర్యుని అతిక్రమించు కాంతి కిరణమునకు విక్షేపకోణము \propto

$$\propto = \frac{1.7 \text{ చాపము సెకనులు}}{\Delta} \text{ అగును.}$$

ఈ సిద్ధాంతానుసారము, ఈ విక్షేపమున నగము న్యూటోనియన్ సూర్యాకర్షణ శక్తి షేత్రమువలన ఉత్పాదించబడిన షేత్రీయ స్థల సవరణ (వక్రత) మువలన జరుగును.

సంపూర్ణ సూర్యగ్రహణ కాలవ్యవధానమున నక్షత్రములయొక్క ఛాయాచిత్రోల్లేఖన మూలమున, ప్రయోగాత్మక ఫలితము పై ఫలితమును ఒప్పుకొనును సంపూర్ణ సూర్య గ్రహణమువలనకు మన మేల వేచియుండ వలెననుదానికి కారణము ఒకటియే. తదితర సమయముల యందు సూర్యుని పరివేషమండలమునకు చేరువను వెలకొనిన, సూత్ర

ములు కానరానంత బలియముగా సూర్యునినుండి చనుదెంచు కాంతివలన వాతావరణము ఉత్తేజితము గావింపబడుటయే. ఈ ముందుగ సూచింప



చిత్రము 6

బడిన ఈ ఫలితము, ఇందు జతపరుపబడిన రేఖా చిత్రమువలన స్పష్టముగ నిరూపింపబడినది - సూర్యుడు కనుక లేకున్నయెడల, అనుభవవికముగ, అనంతదూరముననున్న నక్షత్రము భూమినుండి పరిశీలింపబడిన యెడల, D_1 దిక్కుగ కనిపించును. కాని, సూర్యునివలన, నక్షత్రములనుండి వచ్చు కాంతియొక్క విక్షేపణ పర్యవసానముగా నక్షత్రము D_2 దిక్కుగ కనిపించును. అనగా, సూర్యునినుండి నక్షత్రము గల వాస్తవికదూరముకన్న ఇంకనూ కొంచెము ఎక్కువ దూరమున నున్నట్లు కనికనిపించును.

ఈ సమస్య వాడుకలోనున్న ఈ దిగువ విధమున పరిశోధింపబడినది. ఒక సూర్యగ్రహణ కాలములో సూర్యుని పరిసరములనున్న నక్షత్రములు ఛాయాచిత్రములు గావింపబడును. వానికితోడు, ఆకాశమునందు - వేటొక స్థాన

మున సూర్యుడు ఉన్నపుడు, అనగా కొన్ని సెలలు ముందు, వెనుకలలో అవే నక్షత్రముల ఛాయాచిత్రములు తీసికొనబడును. ప్రామాణిక ఛాయాచిత్రముతో పోల్చి చూచిన, గ్రహణ కాలమున తీయబడిన ఛాయాచిత్రములందలి నక్షత్రముల స్థానములు ౧ కోణమునకు అను రూప పరిమాణమున (సూర్యుని కేంద్రమునుండి దూరమున) త్రిజ్యాకు వెలిగా విక్షేపణ మందినట్లు కనబడవలయును.

ఈ ప్రముఖ నిగమనము గురించి, అన్వేషణ సాగించిన, రాయల్ సొసైటీ వారికినీ, రాయల్ అస్ట్రోనామికల్ సొసైటీ వారికినీ, మన మెంతయూ, ఋణపడి యున్నారము. యుద్ధమువలననూ, యుద్ధము

వలన ప్రేరేపింపబడిన భౌతిక, మానసిక ప్రకృతిదృవ్యముని కలుగు కష్టముల వలననూ వెనుకంజ వేయకుండా, ఈ సంఘములు ఒకటి - సోట్రల్ (బ్రెజిలు), రెండు - ప్రిన్సిపి (పశ్చిమ ఆఫ్రికా)కు రెండు సామాన యాత్రలకు సన్నాహములు గావించిరి. 1919 వ సంవత్సరము, మే 29వ తేదీన పట్టిన సూర్యగ్రహణముయొక్క ఛాయాచిత్రములు సేకరించుటకుగాను, (ఎడింగ్ టన్, కాటింగ్ హామ్, క్రోప్ మిలెన్, డేవిడ్ సన్) కాగల మిగుల ప్రసిద్ధి కెక్కిన బ్రిటన్ దేశీయులూ అగు ఖగోళ శాస్త్రవేత్తలను చాలా మందిని పంపిరి. గ్రహణ కాలములో గొనిన నక్షత్ర ఛాయా చిత్రములకునూ, పోల్కుటకై తీయబడిన చిత్రములకునూ, నడుమ నూహింపబడిన తేడా మిల్లిమీటరులో కొన్ని వందలవంతు మాత్రమే-అని లెక్కకు వచ్చినది. ఛాయా చిత్రములు తీయుటకునూ, ఆ దరిమిలా వాటిని కొలుచుటకుగాను వలసిన దిద్దుబాటులు సరిచియుటకు, ఈ విధమయిన సవరణములు అవసరము. కొలతల ఫలితములు, సంపూర్ణముగ తృప్తికరమయిన పద్ధతిని, ఆ సిద్ధాంతమును ధ్రువపఱచెను. పరీక్షింపబడిన వానియొక్క అంగ భాగములనూ, లెక్క తేల్చిన, నక్షత్రముల విచలనము (చావము సెకనులలో) ఈ దిగువ ఫలితముల పట్టియందు పొందుపరచబడినవి.

నక్షత్రము సంఖ్య	మొదటి నిర్దేశాంకము		రెండవ నిర్దేశాంకము	
	పరిశీలనమున	గణనమున	పరిశీలనమున	గణనమున
11	-0.19	-0.22	+0.16	+0.02
5	+0.29	+0.31	-0.46	+0.48
4	+0.11	+0.10	+0.88	+0.74
8	+0.20	+0.12	+1.00	+0.67
6	+0.10	+0.04	+0.67	+0.40
10	+0.08	+0.09	+0.85	+0.82
2	+0.95	+0.85	-0.27	-0.09

(సి) కోణరేఖవైపునకు వర్ణక్రమరేఖల విస్తాపనము

గెలెలియన్ విధానము K కు సంబంధించి, పరిభ్రమించుచున్న K' విధానములో, నర్వసమానములుగ నిర్మితము లవినవియూ, పరిభ్రమించుచున్న సూర్యవస్తువునకు సంబంధించి నిశ్చలత నున్నటుల ఊహింపబడినవియూ అగు గడియారములు, గడియారములయొక్క స్థానముమీద ఆధారపడిన వేగములతో నడుచునని, 28 వ ప్రకరణమున చూపబడినది. ఈ ఆధారత పరిణాతజ్ఞకముగ ఇప్పుడు పరీక్షింపము. ఒక గుండ్రనిబిల్ల కేంద్రమునుండి r దూరమున వెలకొల్పిన గడియారము K కి సాపేక్షముగ కలిగియున్న గతివేగమునకు ఈ సమీకరణము సరిపోవును.

$$v = wr.$$

ఇందు, w , R కి సంబంధించి, K' గుండ్రని బిల్లయొక్క పరిభ్రమణమునకు చెందిన కోణీయవేగమును సూచించును. K కి సాపేక్షముగ గడియారము నిశ్చలత నున్నపుడు ఒక కాలపు మాణమున గడియారము టిక్. టిక్ ల సంఖ్యను (గడియారము రేటును) v_0 సూచించినయెడల, v గతివేగముతో K కి సాపేక్షముగా నడుచుచున్ననూ, గుండ్ర బిల్లకు సంబంధించి, నిశ్చలతనున్న గడియారము రేటు v , 12 వ ప్రకరణానుసారము

$$v = v_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

లేక, తచ్చితముగ

$$v = v_0 \left(1 - \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2} \right) \text{ ఈయబడును.}$$

ఈ సమీకరణమును, ఈ దిగువ స్వరూపమునకూడ వ్యక్తపఱచవచ్చును.

$$v = v_0 \left(1 - \frac{1}{2} \frac{w^2 r^2}{c^2} \right).$$

గడియారముయొక్క స్థానమునకునూ, గుండ్రని బిళ్ళయొక్క కేంద్రము నకునూ నడుమగల అప కేంద్ర బలముయొక్క విభేదమును, అవగా వ్యతిరేకముగా పరిగణించిన శ్రమించుబిళ్ళమీది గడియారము యొక్క స్థానము నుండి, బిళ్ళయొక్క కేంద్రమునకు పంపుటకుగాను అపకేంద్రీయ బలము నకు వ్యతిరేకముగ ద్రవ్యరాశియొక్క ఏక ప్రమాణముమీదికి జరుగవలసి యున్న పనిని Φ మూలమున సూచించిన,

$$\Phi = -\frac{W^2 r^2}{2} \quad \text{వచ్చును.}$$

దీనినుండి, అనుసరించునది :

$$v = v \left(1 + \frac{\Phi}{c^2} \right)$$

తొలుత, పర్యవసానముగ సిద్ధితములయిన రెండు గడియారములను, గుండ్రని బిళ్ళయొక్క కేంద్రమునుండి వేరు వేరు దూరములందు ప్రతిష్ఠించినపుడు, అవి విభిన్న వేగములతో నడచునని పై వ్యక్తికరణమున మనము చూతుము. బిళ్ళతోపాటు, పరిశ్రమించుచున్న పరిశీలకునిదృష్ట్యా కూడా ఇట్టి ఫలితమే ఏర్పడును.

ఇప్పుడు, బిళ్ళనుండి నిర్ణయించిన, బిళ్ళ Φ విభవముయొక్క గురుత్వాకర్షణ శక్త్రములోనున్నది. కనుక, మనకు లభించిన ఫలితము అతిసామాన్యముగ గురుత్వాకర్షణ శక్త్రములకు సరివడును. ఇంకనూ, గడియారమువలెనే, వర్ణక్రమరేఖల నీనుచున్న ఒక అణువును, అప్పుడిదిగువ ప్రవచనము సరివడునట్లు మనము భావించవచ్చును.

ఒక అణువు, అది ప్రతిష్ఠింపబడినట్టి గురుత్వాకర్షణ శక్త్రముయొక్క విభవముమీద ఆధారపడియున్న తరచుదనమును కాంతి లీనముగావించును లేక బహిష్కరించును. ఒక ఖగోళిక వస్తువుయొక్క ఉపరిభాగమున ప్రతిష్ఠింపబడిన ఒక అణువుయొక్క తరచుదనము స్వేచ్ఛాస్థలమున (లేక సూక్ష్మతర ఖగోళిక వస్తువుయొక్క ఉపరిభాగముమీద) ప్రతి

స్థింపబడిన అదే మూలద్రవ్యపు అణువు తరచుదనముకన్న కొలదిపాటి తక్కువగ నుండును. అప్పుడు,

$$\Phi = -K \cdot \frac{M}{R} \text{ ఇందు } K \text{ న్యూటనుయొక్క గురుత్వాకర్షణ}$$

స్థిరరాశి. M ఖగోళ పదార్థముయొక్క ద్రవ్యరాశియై యున్నది. భూమి యొక్క ఉపరిభాగమున ఉత్పాదించబడిన అదే మూల ద్రవ్యముయొక్క వర్ణక్రమ రేఖలతో పోల్చిచూచిన, నక్షత్రముల ఉపరిభాగమున ఉత్పాదించబడిన, వర్ణక్రమ రేఖలకు, ఎఱుపు వైపునకు ఈ విధమైన విస్తాపనము సంఘటిల్లవలయును. ఈ విస్తాపన యీ క్రింది సమీకరణమువలన ఈయబడుచున్నది.

$$\frac{v_0 - v}{v_0} = \frac{K M}{c^2 r}$$

ఈ సిద్ధాంతము ప్రకారము, సూర్యునిపట్ల తేల్చబడిన, ఎఱుపువైపునకు విస్తాపనము యించుమించు తరంగ దైర్ఘ్యమున యిరవై లక్షోవంతునకు వచ్చును. నక్షత్రముల ద్రవ్యరాశి r కాని, వ్యాసార్థము r కాని తెలియబడనేరవు కనుక, నక్షత్రముల విషయమై విశ్వసనీయమగు తేల్పుతేల్పుట సాధ్యముకాదు.

ఈ ఫలితము ఉన్నదా? లేదా? అను ప్రశ్న అందరిముందు ఉన్నదే. ప్రస్తుత కాలమున (1920) ఖగోళ శాస్త్రవేత్తలు ఆ చిక్కు ఎడలించుటకు మిక్కిలి ఆవేశముతో పనిచేయుచున్నారు. సూర్యునకు సంబంధించి ఈ ఫలితము అతినూత్నమగుటచే, అది ఉన్నదని అభిప్రాయ మేర్పడుట చాల కష్టము. గ్రేవి, బాకెమ్ (బాన్) అనువారు తమ స్వంత కొలమానముల ఫలితముగను, 'ఎవర్ పెడ్', స్క్వెరర్ చె లెడ్ వారి సై నోజిన్ పట్టిలమీదను నిర్వివివాదమున ఈ ఫలితము ఉన్నదని నివేదించిరి. ఇతర పరిశోధకులు, అందు ముఖ్యముగ సెయింట్ బాన్ వారి కాలమానముల వర్ణవసానమున, విరుద్ధాభిప్రాయమునకు వచ్చిరి.

వర్ణక్రమముయొక్క తక్కువగ వక్రీకరించు కొవవైనకు మొగ్గువు రేఖల విస్తాపనములు స్థిరపడత్రముల గణనముల అనుసంధానతవలన వయల్పెట్టబడినవి. కాని, వాస్తవమునకు, ఈ విస్తాపనలు గురుత్వాకర్షణ శక్తి ఫలితమునకు అంటగట్టవలయునా లేదా అనుదానిపై నిశ్చితమైన ఒక నిర్ణయమునకు వచ్చుటకు, ఇప్పటివరకును అందుకాటుననున్న, దత్తాంశముల పరిశీలనము ఓప్పుటలేదు. "జార్ ఫూఫన్ గ్ డెర్ అలిజవియినెన్ రెలిటివ్ ట్ ట్-థియరీ" (డినాటుర్ విస్సెన్ స్కాఫ్ టిక్ 1910, నెం. 85 రు. పుట 520, జాలియస్ స్ప్రింగ్, బెర్లిన్) అను పేరున ఈ పూయిన్ డ్ లిచ్ వలన, ప్రవచనమున, పరిశీలనా ఫలితములన్నియు సమీకరించబడి, ఇప్పుడు మనవిజ్ఞమునున్న ప్రశ్నను దృష్టియందిదుకొని, ప్రతి అంశము నెత్తికొని, విపులముగ చర్చించెను. ఇక కొలది సంవత్సరములలో, ఏలాగునయిన, ఒక నిశ్చితమైన తీర్మానమునకు వచ్చుట తటస్థించును. గురుత్వాకర్షణ విభవమువలన, ఎటుపువైపునకు, వర్ణక్రమ రేఖల వితేవము వ్యాప్తిని లేకున్నయెడల, సార్వత్రిక సాపేక్షతా నిర్ధాంతము, ప్రతిపాదనీయము కానేరదు. మఱియు వర్ణక్రమ రేఖల విస్తాపనకు కారణము గురుత్వాకర్షణ విభవమువైపునకు కారణము గురుత్వాకర్షణ విభవమువైపునకు జూడల చూపించిన, ఈ విస్తాప పరిశ్రమ ఖగోళ వస్తువుల ద్రవ్యరాశినిగూర్చి ముఖ్యమైన విషయములు మనకు లభిచును.

సూచన : వర్ణక్రమముయొక్క ఎటుపు కొనవైపు వర్ణక్రమరేఖల విస్తాపన, 1924 సంవత్సరమున అడమ్సువలన, మృగవ్యాధ నక్షత్ర సహచరమగు దట్టమైన సహచరునిమీద పరిశీలనమున, నిశ్చితముగ నిరూపించబడినది. ఫలితము సూర్యునిమీదనున్న దానికన్న యిండుమిండు 80 రెట్లు ఎక్కువగనున్నది

అనుబంధము - 4

సాంస్కృతిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతానుసారము

అంతరాళ నిర్మితి

(82 వ ప్రకరణమునకు అనుబంధము)

ఈ చిన్న పుస్తకము తొలి ప్రచురణమునుండియు విశాల విస్తృతిని (విశ్వాత్మకసమన్వయ) అంతరాళ ప్రకృతినిగూర్చి మన జ్ఞానము ముఖ్యమైన అభివృద్ధి వందుకొనినది. అందువలన సామాన్య వివరణము నందుకూడా రానివి అవశ్యము తెలుపవలయును.

ఈ విషయమై నా తొలిసమాలోచనలు, రెండు పరికల్పనలపై ఆధారపడియున్నవి:

1. అంతరాళమంతటా సరాసరి సాంద్రతగల పదార్థము ఉన్నది. అది ఎల్లెడల సమమూ, కూన్యాంకమునకు విభిన్నము.

2. స్థల పరిమాణము (వ్యాసార్థము) కాలముపై ఆధారపడి యుండలేదు.

సాంస్కృతిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతానుసారము, పై రెండు పరికల్పనలూ సుసంబద్ధములు అని ఋజువు చేయబడెను. కాని, శ్మేత్ర సమీకరణములకు ఒక పదముమాత్రము చేర్చబడెను. అట్టి పదము సిద్ధాంతమునకు అవసరములేదు. సైద్ధాంతికదృష్ట్యా, అధి స్వాభావికముగ కనబడదు. (శ్మేత్ర సమీకరణముల విశ్వాత్మక పదము) రెండవ పరికల్పనము ఎవడయిన విడిచిన, అతడు అంతులేని ఊహగానముల చిక్కుకొనునని తలచుటచే, అది అప్పటిలో తప్పనిసరిగా కనబడెను.

ఏది ఎటులయినను, ఈదృష్టాంతికదృష్ట్యా, భిన్న పరికల్పనము ఒకటి. స్వాభావికమని ఇంతకుపూర్వము యిరువదులలో 'ఫ్రెయిడ్ మన్' అను రష్యన్ శాస్త్రజ్ఞుడు నిరూపించెను. రెండవ పరికల్పనము విడువ నెంచినచో, గురుత్వాకర్షణశ్మేత్ర సమీకరణములలోనికి తక్కువ స్వాభా

వికమయిన స్పృహక్రమ వడమును ప్రవేశము కలిగించుకుండగనే, మొదటి పరికల్పము అటులే ఉంచుట పాఠ్యమని అతను గ్రహించెను. అనగా, మూలశక్త్ర సమీకరణములు ఈ విశిష్టావస్థను అంగీకరించెను. అందులో ప్రవేశించి వ్యాపారము వాణిజ్యము ఆధారపడియుండును. (విస్తృత సందిచున్న స్థానము) అ కావములో 'ప్రెయిడ్ మన్' సిద్ధాంత రీత్యా అంతరాల విస్తృతి ఆ సిద్ధాంతమునకు అవసరమగును అని చెప్ప వచ్చును.

కొన్ని సంవత్సరములకు యిటీవల నీహారికల దూరములో, ఒక క్రమబద్ధమైన అధ్యయనము - ఇట్టి ఒక కోణ విచలనమును ప్రసారములగు చున్న వర్ణక్రమరేఖలు చూపించెనని 'హుటల్' అనువతడు అతిర్థమందా కీయ నీహారికలపై ప్రశ్నోంచి పొందిన అన్వేషణల మూలముగ నిరూ పించెను. మనము క్రస్తునము గడించిన జ్ఞానమునకు సంబంధించి, బాల్లర్ మూలకన్య కావమున యిట్లు వ్యాఖ్యానించవచ్చును. "ప్రెయిడ్ మన్" సిద్ధాంతరీత్యా గురుత్వాకర్షణశక్త్ర సమీకరణములకు లక్ష్యమయిన వక్రత విరావము యొక్క వ్యాప్తివండు అంశములు చున్నదని ఆహించ వచ్చును. కాని, అందు ఒక ప్రోత్త చిహ్నం యులులేదును. వైద్యాంగిక దృష్ట్యా, విప్పందేహోప్పదమైవలెనయూ హుటల్ చే 'అతివ్యాప్తిగా అనుగాన లక్షివరియు లగు మందాకినీయ లేదావిచలనముపై వ్యాఖ్య ఈ 'అతి వ్యాఖ్య ఈ 'అతివ్యాప్తి' మూలము, అంచు మించు గతమున 10¹⁰ సంవ త్సరముల పూర్వము లరిగిన యుండవలెననుటకు శ్రోవరియును. ఆ విషయ మటుండిగ, విడివిడిగ వక్షగ్రములుగాని, పాముదాయికముగ వక్షగ్ర విరా వములు గాని, అట్టి అభివృద్ధికి అతడు నిర్ములకారము వట్టియుండునని భౌతిక లోకకాంత్రము రీత్యా గోచుచున్నది. ఈ అసంబద్ధమునుండి వెలు వకుట పటులో, ఏ మార్గమునమా తెలియజడదు.

అనియుండు అంతరాల పరికల్పము, స్థలమునకు పొద్దులు కల్పించెను అని అటుండిగ, అలోచనముగా, అది కనుగ, మూలసిద్ధాంతముతో కలిపి, అంతరాల విస్తృత సిద్ధాంతము (క్రమిగీయ) అంతరాలముయొక్క నియమిగ, అవంగ గురుత్వాకర్షణల గురించి, అట్టి రీత్యాగమువడు వచ్చు టును నమ్మించును - అని చేసు మూచించ అభిరవించును.

అనుబంధము - 5

సాపేక్షత - స్థల నమస్య 1.

'త్వరణ' అను భావము న్యూటను గతి నియమమున ప్రత్యక్షము యొను కనుక, పదార్థముతోనహా స్వతంత్రతా వాస్తవికతయైతమైన అస్తిత్వము ఆరోపింపవలసి వచ్చినది. ఇదియే న్యూటోనియన్ భౌతిక శాస్త్రముయొక్క స్వభావగత గుణము. కాని, స్థలమునకు సంబంధించిన త్వరణముమాత్రమే ఈ సిద్ధాంతమునందలి 'త్వరణ' సూచింపగలుగును. గతి నియమమున కనవచ్చు త్వరణము, ఏ అర్థమున నయినమా ఒక పరిమాణముగ భావింపగలుగుటకై, న్యూటనుయొక్క 'స్థలము' నిశ్చలత నున్న దనిగాని, లేదా త్వరణారహిత స్థితిలోగాని ఉన్నటులుగ ఊహింపవలసి యుండును. అదేవిధమున, 'త్వరణ' అను భావమున ప్రయుక్తముయిన కాలమునకు కూడా సరిగా అదేనియమము వర్తించును. స్వస్థలమునకుమా, దాని చలనస్థితికినీ, రెండిటి భౌతిక వాస్తవికతను ఆరోపింపవలసి యుండుటను, తమ్ము కలవరపెట్టునట్టిదిగ న్యయముగ న్యూటను, తీక్షణ విమర్శకులైన అతని సమకాలీనులును అనుకొనిరి. యాంత్రిక శాస్త్రము

1. 1920 వం. ఈ గ్రంథముయొక్క మొట్టమొదట భాషాంతరికరణ పరిరక్షమునందు వలెననే, ఈ వచీనానుబంధముయొక్క అనువాదమును 'చదివి, అభివృద్ధి! వంయు సూచన అనేకము లొనంగుచూ, ఈ రంగమున అవస్థమైన స్వామభవలాభమును, నా చిరకాలపు స్నేహితుడగు ఎమిరిటస్ ప్రొఫెసర్ ఎస్. ఆర్. మిలిసర్, ఎఫ్. ఆర్. ఎస్. వాకొనగెను. వారికిని, ఈ అనుబంధము చదివి, అనేకములయిన సలహా సంప్రదింపు లొనగిన, లివర్ పూల్ విశ్వవిద్యాలయములో గణితశాస్త్ర కార్యకులెందిన ఎ. జి. వాకర్ అధ్యాపకునకును, నేను చాలా కృతజ్ఞుడను.

—ఆర్. జల్లె, ఎల్.

నకు అంతకన్న స్పష్టమైన అర్థము ఎవరైన నారోపింప దలచిననూ, అప్పు టలో అంతకుమించి గత్యంతరము లేకుండెను.

సర్వసామాన్యముగా స్థలమునకునూ, విశిష్టముగా కూన్యస్థలము నకును, భౌతిక వాస్తవికతను అవశ్యమూ, బలవంతముగా అరోపింప వలసిన అవసరము కష్టతరమే. అతి ప్రాచీనకాలమునందలి తాత్వికులు మాటిమాటికి అట్టి ఊహను అనుమతించలేదు. డెకార్ట్ ఈ దిగువవిధ ముగ వాదించెను. స్థలము విస్తృతికి సర్వసమానము. కాని, విస్తృతి వస్తువులకు సంబంధించినది. ఈ విధమున వస్తువులులేని స్థలములేదు. అందుచే 'కూన్యస్థలము' అనునది ఉండనేరదు. ఈ వాద బలహీనత ముందు తెల్పబోవుదానిలో నున్నది. 'విస్తృతి' అనుభావమునకు మూలము ఘనపదార్థముల సంయోగ వియోగములతో కూడిన మన అనుభూతులే. కాని, దీనివలన ఈ భావము ఏర్పడుటకు అవకాశ మొదవవి సందర్భము లలో 'విస్తృతి' భావన వ్యాయనమ్మతము కానేరదని తుదినిర్ణయము గావింపరాదు. అనుభవిక ఫలితములు గ్రహించుటకుగాను విస్తృతిభావ విస్తరణము. దాని విలువ అవసరమగుటచే, పరోక్షరూపమున, ఆ భావ మును సమర్థింపనగును. విస్తృతి పదార్థములకు మాత్రమే అనుబంధింప బడినది-అను నిర్వచనము అవశ్యమూ, నిరారాధార ప్రాయమగును. అయినను డెకార్ట్ భావము, చుట్టు తిరుగుడు మార్గమున, సార్వత్రిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతమును బలపఱచుచునని మునుముందు చూతుము. అవసర ముయొక్క ఒత్తిడి ఏమియూ లేకుండగనే నూటిగ అనుభవగతమగుటకు శక్తి చాలని 'స్థలము'వంటి వస్తువునకు, వాస్తవికతను అరోపింపతగదు. అనుభవమే డెకార్ట్ ను ఈ ప్రశంసనీయమైన అద్భుతాభిప్రాయమునకు తీసికొని వచ్చినది.¹

1. 'కేప్-గ్రానో-నావిక్' అను దానినుండి పై వ్యక్తిగతతము గ్రహింప నగును.

మన సమాజ భావనపై ఆధారపడి, మన స్వస్థమే స్థలమునకు ఆధారము అనునది నిర్ధారణముకాదు. మనకు అలవాటుపడిన ఆలోచనయే ఆధారమనునది అనుకొనినంత స్పష్టమయినదికాదు. ప్రాచీన షేత్రగణిత శాస్త్రజ్ఞులు ఋషిరేఖ, దిండువు, ఉపరితలము అను భావనా వస్తువులతో వ్యవహరించిరి. కాని, దరిమిలా, వైశ్ణవిక జ్యామితి యందువలె 'స్థలము' అటువంటి వాస్తవికములతో వ్యవహరించి యుండరు. అయినప్పటికి, స్థలము, అను ఊహ, ఆదిమ కాలీనులయిన కొన్ని అనుభవముల వరన సూచింపబడినది. ఒక పెట్టి నిర్మింపబడిన దనుకొందము. ఆ పెట్టె నిండునటుల అందులో ఏదో ఒకతీరున వస్తువులు అమర్చవచ్చును. ఆ అమరికయందలి 'సాధ్యత' పెట్టె యనబడు ఒక పదార్థ నిర్మితమయిన వస్తువు యొక్క ధర్మము. పెట్టెవలన 'ఆవృతమగు స్థలము' అనునది ఒకటి పెట్టెలోకూడా ఈయబడినది. ఇది వేరువేరు ఏట్టెలకు వేరువేరు విధముల ఉండును. ఏ సమయమునం దయిననూ, ఏ వస్తువులయిననూ ఆ పెట్టెలో ఉన్నవా లేవా ఆలోచనతో పనిలేకయే అందేదో యొకటి ఉన్నది. ఆ పెట్టెలో వస్తువులు లేనపుడు ఆ పెట్టె స్థలము 'శూన్యముగ' కనబడును. పెట్టెతో కూడియున్నంతవరకే స్థలమును గూర్చిన మన భావన కొనసాగును. అది ఏమయినను, ఆ 'పెట్టె స్థలము' నింపుటకు వస్తువులు విలువచేయుటకు గల అవకాశములు, ఆ పెట్టె గోడల మందముపై ఆధారపడియుండవు. 'స్థలము'నకు తగ్గుదలలేకుండ మందము శూన్యము మగువఱకు తగ్గింపబడగలదా? అటులు, నియమిత మొనరించు ప్రక్రమము స్వకావసిద్ధమగుట స్పష్టము. మఱి, యిక పెట్టెలేకుండ స్వతస్సిద్ధమైన 'స్థలము' అనునది మన ఆలోచనకు నిలుచును. అయినప్పటికి ఈ భావనకు మూలమును మనము విస్మరించిన అది చాలా అసత్యముగ గోచరించును. పదార్థములపై ఆధారపడకుండా స్థలము స్వతంత్రమనుకొనుట వస్తువుల అపేక్షలేకుండా స్థలము ఉండుట డెక్కార్బి భావనకు

ప్రతికూలమునుట తేటతెల్లము¹. (ఇట్లయినను, తన వైశేషిక జ్యోమితి యందు ప్రధానమైన భావముగ స్థలమునకు ఆదరప్రవృత్తి కల్పించుటతో అతనిని యీ భావము అడ్డలేకపోయెను.) పాదరసము భారమితియందలి 'కూశ్యత'వైపు దృష్టి నాకర్షణము చేయుటతో కాఢీషియనుల వాదము లన్నియును పరాక్రమములయినవి. ఈ ప్రాచీన దశయందుకూడ, 'స్థలము' గూర్చిన భావనూ, లేక ఇతర ఆపేక్షలేకుండ వాస్తవికముగ నిలువగలిగిగ స్థలమును గురించిన ఆలోచనకు అసంతృప్తికరమైన దేదో అంటుపెట్టుకొని యున్నదనుమాత్రము కాదనరాదు.

స్థలములో (ఉదా : పెట్టె)లో వస్తువులు సద్వ విధములు త్రిమితీయ పగు యూక్లిడియన్ జ్యోమితికి సంధించిన విషయము. దాని స్వయం సిద్ధ నిర్మాణము, అనుభవసిద్ధముకాగల పరిస్థితులను సూచించును - అను విషయమును విస్మరింపజేసి మోసగించును.

వై విధముగ స్థలభావము తోచిన, పెట్టెను వస్తువులతో నింపుట అను అనుభవము వెంట ఆ భావము కల్గినదే అయిన, ముఖ్యముగా 'ఆ స్థలము' ఆవృతము. ఈ పరిమితి అంత ముఖ్యముగ తోవట్టదు. అయినప్పటికి, ఒక చిన్న పెట్టెను ఉపయోగించవచ్చును. ఈ విధమున 'స్థలము' అనునది అపరిమితము-అని గోచరితమగును.

త్రిమితీయము, యూక్లిడియన్ స్వభావగతమూ అయిన స్థలము యొక్క స్వభావము, సాపేక్షముగా ప్రాచీనానుభవములకు ఎట్లు కొనిపోవచ్చును అనురానిని గూర్చి ఇక్కడ నేను చర్చించను. ఇతర అంశములు దృష్టినివ్వకొని, తౌతికపరమగు ఆలోచనలు అభివృద్ధి నందుటలో, 'స్థలము' గురించిన భావన వహించిన భూమికను మున్నుండు చర్చకు గొండును.

1. కలవరము తొలగించుటకయి స్థలముయొక్క వస్తు నిష్ఠత కాదనుటకు, కాంట్ చేసిన యత్నము అంత తీవ్రముగా పట్టించుకొన దగినదికాదు. పెట్టి అను దానగల వస్తు నిష్ఠత, ఆ పెట్టెయొక్క 'అంత స్థలము'న పెట్టెలోని స్థలమున ఇమడ్చగల వస్తువులు రెండును వస్తువులే, ప్రత్యక్షములే.

5 అను ఒక పెద్ద పెట్టెయొక్క లోపలి స్థలములో. సాపేక్షముగా, నిశ్చలతనున్న ఒక చిన్న పెట్టె 5 ప్రతిష్ఠిత మయినపుడు 5 యొక్క లోపలి స్థలము, 5 యొక్క లోపలిస్థలములో దాగమయి యున్నది. మఱియు, ఆ రెండింటిలోగల ఒకే స్థలము ఆ పెట్టెలలోతలము ప్రతి యొకదానికి చెందును. 5 కు సంబంధించి, 5 చలనమున మన్నప్పుడు ఆదావము అంత సులభముకాదు. అప్పుడు నదా ఒకేస్థలమును ఆవరించును కానీ, 5 స్థలభాగములో మాడ్చుచెందుభాగమును ఆలోచనవైపునకు వ్రతివారు మ్రొగ్గుదురు. అప్పుడు ప్రతియొకదానికి దానియొక్క విశిష్ట స్థలమును హద్దుల మధ్యస్థము కానిదిగా వంచియిచ్చుటయూ ఒకదానికి సంబంధించి యొకటిగ ఈ రెండు స్థలములు చలనమున నున్నట్లు అనుకొనుట అవసరమగును.

ఈ క్లిష్టతను మనము గుర్తించుటకు ముందుగా స్థలము ఒక అపరిమితమగు యానముగను, అందులో భౌతిక పదార్థములు ఈటలాడునటులుగను కనబడును. ఒకదానికొకటి సంబంధించి చలనముననున్న అనంత సంఖ్యాకములయిన స్థలములున్నట్లు యిప్పుడిక జ్ఞప్తియందుంచు కొనవలయును. కావ్యాముగ 'ఉనికి'ని, గతిని, వస్తువులతో సంబంధములేకుండా, స్వతంత్రముగ నుండునది స్థలమను భావనము కాస్త్రీయమగు ఆలోచనకు పూర్వమున్నది. కాని ఒకదాని కొకటి సాపేక్షముగ, చలనముననున్న అనంత సంఖ్యాకములయిన స్థలముల ఉనికిని గూర్చిన అవిప్రాయము, ఆనాటిదికాదు. ఈ కడవటిభావము, తార్కికముగ విడువరానిది. కాని కాస్త్రీయమగు ఆలోచనలోకూడ, అది తగినపాత్ర వహించలేదు.

అయిన, మఱి మనస్తత్వకాస్త్రీకత్యా 'కాల' దావనకు మూలము సంగతి ఏమి? నిర్వివాదముగా, ఈ భావన మనస్సునకు తెచ్చుకొనుట అనువాస్తవిక విషయముతో, ఇంద్రియానుభూతులకును, గత అనుభవభూతుల స్మరణకు తెచ్చుకొనుట భేదీకరణముతోనహా కలిసియున్నది. దానిని గూర్చి ఇంద్రియాను భూతులకు గత అనుభవభూతులను స్మరణకు తెచ్చుకొనుట, మామూలుగ సూచించుట మగ్యభేదీకరణము, మనస్తత్వ

కాస్త్రురీత్యా మాటిగా మనకు ఈయబడవగునదియూ అనునది సందేహోస్పదము. తనకు సాక్షాత్తు ఇంద్రియామఘాతి కలిగినదా? లేక దానిని గూర్చి కలగనెనా? అను సందేహము వ్రతివారి అనుభవముననున్న విషయమే. ఐహుకా, ఈ రెండింటి ఇది ఔను, ఇదికాదు - అని విడదీయగల శక్తి మానసిక సృజనక్రమణికయొక్క వనితనము ఫలితముగ ఏర్పడును.

స్మృతి అనుభవముతో కలిసియున్నది. వ్రస్తుతానుభవములతో పోల్చిన, ఆ స్మృతి ముందుగ నే ఉండునని ఎంచబడినది. గత అనుభూతుల స్మరణకు ఇది క్రమబద్ధమయిన భావసూత్రముగ నున్నది. తన్నిర్వహణము యొక్క సాధ్యత వ్యక్తిగత కాలభావనకు కావిచ్చును. అనగా, వ్యక్తి యొక్క అనుభవములకు ఒక క్రమణిక సూచించునట్టిది కాలభావన.

'కాలము' భావన వస్తునిష్ఠితము గావించుటలో మన తాత్పర్య మేమి? ఒక ఉదాహరణము తీసికొందము. A అనబడు ఒక వ్యక్తి (నేను) 'మెఱుపు మెఱసినది' అను అనుభవమునందెను సరిగా అదే పమయమునకు B అనువాని నడవడిని 'మెఱుపు మెఱసినది' అనుదానిని తన అనుభవములోనికి ముడిపెట్టుకొని, B యందుగల వ్రవర్తనకూడా, A అను వ్యక్తి తన అనుభవగతము కావించుకొనును. ఈ విధముగ 'మెఱుపు మెఱసినది' అను B అనుభవములో భాగస్వామి కాగల్గునంతకు వచ్చును. మెఱుపు మెఱసినది అను అనుభవమున ఇతర వ్యక్తులుకూడ పాల్గొనుచు వచ్చు A వ్యక్తికి అభిప్రాయ ముదయించును. 'మెఱుపు మెఱసినది' అనునది ఇక కేవలము వ్యక్తిగతానుభవముగ వివరింపబడదు. అది యితర వ్యక్తుల అనుభవముగకూడ నున్నది. (లేక సర్వుల అనుభవమునకగు బలవత్సానుభవము) ఈ విధముగ 'మెఱుపు మెఱయుచున్నది' అను దాని వ్యాఖ్య బయలుదేరును. అది మొట్టమొదట చైతన్యమునందు అనుభవముగ వ్రవేశించి, మఱి ఇప్పుడు ఒక ఘటనగ (వస్తు నిష్ఠితముగ) కూడా అనువదింపబడినది. "చాస్త్రవిక కావ్యాజగత్తు" అని మనము అనుదాని అర్థము, సరిగా అన్ని సంఘటనలయొక్క ఏకరాశి అని తేలును.

ప్రాపంచిక క్రమానుబద్ధములు మన అనుభవములుగ ఆరోపించు కొను స్వభావము మనలను ప్రోత్సహించుచున్నట్లు గమనించితిమి. చానిని ఈ తెలుపబోవు క్రమమున వ్యక్తము చేయవచ్చును- α కన్న, β వెనుక బడిన, β కన్న γ వెనుకబడిన, α కన్న γ వెనుకబడును (క్రమానుగతానుభవములు) ఈ సంకర్పమున అనుభవములతో పోల్చి చూచిన ఘటన లకుగల స్థానవేడి? తొలిచూపులోనే ప్రాపంచిక క్రమానుబద్ధ ఘటనతో పాటు ప్రాపంచిక క్రమానుబద్ధానుభవము లుండునని అనుకొనుట స్పష్టముగ గోచరించును. నాస్తిక సందేహములకు మనము లోనుగానంత వలకును, లోకసామాన్యమున అనుకొనకుండగనే ఇటుల సంభవమగు చుండును.¹ వస్తు నిష్ఠిత జగత్తుయొక్క భావమును కూర్చుకొనుటకు నిర్మాణాత్మకమగు మణియొక అతిశయభావము ఇంకనూ అవసరమై యున్నది ఒక ఘటన కాలమునందే నిర్దేశితమయియుండలేదు. స్థలము నందును నిర్దిష్టమైయున్నది.

గత పరిచ్ఛేదములయందు, మనస్తత్వశాస్త్రరీత్యా, స్థల, కాల, ఘటనా, భావములు అనుభవములతో సంబంధము కలుపుట ఎటులో వివరించుటకు యత్నించితిమి. తార్కికముగ ఆలోచించిన, అవి, మానవ విజ్ఞానమున సమకూడిన స్వచ్ఛంద ఉత్పాదనములు (సృజనలు) - ఆలోచనా సాధనములు- ఒక అనుభవముతో మణియొక అనుభవమునకు సంబంధము కలుపు ప్రయోజనము సాధించునవి, ఈ విధమున, చానిని గణింపచుట యుక్తకరమగును. ప్రాతిపదికములైన ఈ భావనలయొక్క అనుభవికోత్పత్తి స్థానముల గుఱించి మనము తెలిసికొనుటకై చేయు పూనికయే. ఈ భావనలకు మనము ఎంతవరకు వాస్తవమున బద్ధులమై

1. ఉదాహరణమునకు, ధ్వని పరికరముల పహాయమున సకాలమున పొందబడిన అనుభవముల పరుస, చతురింద్రియముల మూలమున పొందబడిన ప్రాపంచికానుక్రమణికనుండి, అనుభవ పరంపరా కలితకాలము, ఘటనా పరంపరాకలిత కాలము, మామూలుగా గుర్తింపజాలనంత అత్యంతల్పముగ భేదించవచ్చును.

కాస్త్రీజేత్ర ఆలోచనను, కాదను ధాతుప్రక్రియకు అందించుచును. నిర్బంధేహముగా, అదే అప్రప్రాయముతో కేవలమూ స్థలకార్యభావములు మాత్రమే మూలసిద్ధాంతములకు సాధ్యములయినట్లు వాని ఉపయోగమున అగ్నితి సంబంధములు గ్రహింపవలెను. అదియే ప్రస్తుత కాలమున భౌతికవాదమునకు అర్థము (కారణము ముఖ్యమగు భావముగ ద్రవ్యము త: భూమికను కోల్పోయెను.)

ప్రకృతి కాస్త్రీమున 'ఆలోచన'యొక్క ప్రధానాధిప్రాయములను ప్లేటోయొక్క వాటి ఉన్నతినుండి క్రిందికి దిగలాగి, వాటియొక్క పార్థివ భౌతిక వంశపారంపర్యమున వెల్లడింప యత్నించ వనియేమి? సమాధానము - వాని సంతియన్న అర్థంబులకు రూపము కల్పించుటలో ఎక్కువ స్వాతంత్ర్యము సంపాదించుటకును అందఱిలో, ఈ విమర్శనాత్మక భావనము ప్రవేశము కల్పించిన, డా. హ్యూమ్, ఇ. మాక్ ఓ ఆచిరస్థాయిక మగు గోరవమిల్ల చెందును.

పూర్వ వైజ్ఞానిక విచారమునుండి, స్థలము, కాలము భౌతికవస్తువు (ప్రత్యేకించిన ముఖ్యసందర్భముతో గట్టివస్తువు) భావములను విజ్ఞాన కాస్త్రీయు గ్రహించెను వానికి మార్పులు కలిగించి, ఇతోధికపూర్వత (అర్హత) చేకూర్చెను. ప్రధానమైన చెప్పకోదగిన ప్రజ్ఞ యూక్లిడియన్ జ్ఞామిని అభివృద్ధి పండించుటయందు ఉండెను. దానియొక్క స్వయంసిద్ధ సూత్రములు వాటియొక్క అనుభవి:ముల స్థానము విస్తరించునంత గ్రుడ్డి కారినిగ మనలను చేయసీయరాదు (దృఢపదార్థములు పఱచుటయందు గాని, ప్రక్క ప్రక్కల నిలుపుటయందుగాని గల సాధ్యతలు) ముఖ్యముగా త్రిమిగియమిగు స్థలస్వభావము, యూక్లిడియన్ గుణశ్వభావముతో నహా అనుభవికములే (ఒకే విధముగ కూర్చబడిన ఘనములతో అంతయు నిండింపవచ్చును.)

పూర్వముగ దృఢమైన పదార్థమేదియు ఉండనేరదు అని కనుగొనుటతో స్థలభావ సున్నితత్వము పొచ్చింపబడెను. 'వస్తువులన్నియు స్థితి

యుంటిమో నిరూపించును. ఈ విధముగ మన స్వాతంత్ర్యమును మనము గుర్తింతుము అవతరమయినపుడు దానిని తెలివిగ ఉపయోగించుట ఎప్పటికిని కష్టమయిన విషయము.

మనస్తత్వ శాస్త్రరీత్యా, స్థలకాల, ఘటనాభావముల యొక్క ఉత్పత్తిస్థానమునకు సంబంధించిన సంక్షేపవర్ణనకు ముఖ్యమైన మణియొక అంశము యింకనూ చేర్చవలసియున్నది. (మనస్తత్వ శాస్త్రీయ మండలమునందలి భావములను తేడా తెలియుటకై మిగుల సంక్షేపముగా 'స్థలము - తాదృశములు' అని మనము వ్యవహరింతుము) పెట్టెలు, అందులోని భౌతిక వస్తువుల అమరికను వినియోగించి, అనుభవముతో 'స్థలము' భావమును మనము కలిపితిమి. ఈ విధమున భావరచనకు పూర్వమే భౌతికవస్తు భావమును ఊహించును. (ఉదా : పెట్టెలు) ఇదే విధముగా, ఈ సందర్భమున కాలముయొక్క వస్తునిష్ఠిత భావరచనకుగాను ప్రవేశము కల్పించవలసిన మనుజులుకూడా, భౌతిక వస్తువుల స్థానము నాశ్రమింతురు. కనుక భౌతిక వస్తుభావ రచన, మన, కాల స్థల భావములకు ముందుగానే జరుగవలయునని నాకు తోచును.

మనస్తత్వ మున్నక్షేత్రమునుండి, తాద, గమ్యస్థానము, ఉద్దేశము మొదలగు భావములతోపాటు ఈ స్థలతాదృశ భావములన్నినూ, ఇంతకు మున్నే విజ్ఞాన శాస్త్రీయునకు పూర్వమే యుండినవి. సర్వసాధారణముగ ప్రక్క శాస్త్రీయులందున విచారణముయొక్క గుణవర్తనము ఎలెనే, భౌతిక శాస్త్రీయుయొక్క గుణవర్తనము ఉన్నది. ఇది కేవలము, స్థలతాదృశభావముల సంబంధము లన్నియును సూత్రరూపము సినే యున్నవి వెలువరించుటకు కృషిచేయును. భౌతికశాస్త్రీవేత్త వర్తన స్వరములు కంపనములలోనికి వరివర్తన మందింపచూచును. మానసిక సంపర్కము అవలీకము ప్రపంచముయొక్క ఉనికి లేకుండాచేసి కారణ సంబంధము స్వతంత్రపు గొలుచుగ ఎక్కడ తటస్థింపనిరీతిని, శారీరిక

కాస్త్రీవేత్త ఆలోచనను. తాదను ధాతుప్రక్రియకు అందింపజూచును. నిస్సందేహముగా, అదే అవిప్రాయముతో కేవలము స్థలరాధ్యభావములు మాత్రమే మూలపిఠాంతములకు సాధ్యములయినట్లు వాచి ఉపయోగమున అన్నిటి సంబంధములు గ్రహింపజేయుము. అదియే ప్రస్తుత కాలమున భౌతికవాదమునకు అర్థము (కారణము ముఖ్యమగు భావముగ ద్రవ్యము తన భూమికను కోల్పోయెను.)

ప్రకృతి కాస్త్రీయన 'ఆలోచన'యొక్క ప్రధానావిప్రాయములను ప్లేటోయొక్క వాటి ఉన్నతినుండి క్రిందికి దిగలాగి, వాటియొక్క పార్థివ భౌతిక వంశపారంపర్యమున వెల్లడింప యత్నించ వనియేమి? సమాధానము - తాని వంటియున్న అడ్డంకులకు దూరము కల్పించుటలో ఎక్కువ స్వాతంత్ర్యము సంపాదించుటకును అందఱిలో, ఈ విమర్శనాత్మక భావనము ప్రవేశము కల్పించిన. డా. హ్యూమ్, ఇ. మాకోకి ఆచిరస్థాయికమగు గౌరవమెల్ల చెందును.

పూర్వ వైజ్ఞానిక విచారమునుండి, స్థలము, కాలము భౌతికవస్తువు (ప్రత్యేకించిన ముఖ్యపరివర్తనముతో గట్టివస్తువు) భావములను విజ్ఞాన కాస్త్రీయు గ్రహించెను వానికి మాధుర్యము కలిగించి. ఇతోధికపూర్వత (అర్హత) చేకూర్చెను. ప్రధానమైన చెప్పుకోదగిన ప్రజ్ఞ యూక్లిడియన్ జ్ఞామితి అభివృద్ధి నందించుటయందు ఉండెను. దానియొక్క స్వయంసిద్ధ సూత్రములు వాటియొక్క అనుభవి మూల స్థానము విస్తరించునంత గ్రుడ్డి వారినిగ మనలను చేయనీయరాదు (దృఢపరార్థములు వలచుటయందుగాని, ప్రక్క ప్రక్కల నిలుపుటయందుగాని గల సాధ్యతలు) ముఖ్యముగా త్రిమితీయమిగు స్థలస్వభావము, యూక్లిడియన్ గుణస్వభావముతో నహా అనుభవికములే (ఒకే విధముగ కూర్చబడిన ఘనములతో అంతయు నిండింపవచ్చును.)

పూర్వముగ దృఢమైన పరార్థమేదియు ఉండనేరదు అని కనుగొనుటలో స్థలభావ సున్నితత్వము పోల్చింపబడెను. వస్తువులన్నియు స్థితి

స్థాపకతవలన వికృతిని, ఉష్ణోగ్రత మార్పులచే వ్యాకోచము ఘనపరిమాణముకూడ మారును. యూక్లిడియన్ జ్యామితిని వివరించబడిన సాధ్యమగు అనుగుణ్యతలుగల నిర్మాణములు భౌతికశాస్త్రీయ భావములతో సంబంధములేకుండా వివరించబడనేరవు. జ్యామితి భావములు స్థాపించుటలో భౌతిక శాస్త్రము జ్యామితిని ఉపయోగించవలసి యుండును. కనుక భౌతికశాస్త్రము సంతకునూ సంబంధించియే జ్యామితియందలి అనుభవిక విషయములు శోధించబడును. ఉప పరమాణువునకయిన స్థలముల విస్తృతి కొలువజేరము కనుక పరమాణువుని యాతముగ విభజ్యము అను భావము పరమాణ్వాకీ ఈ సందర్భమున మనస్సునం దుంచుకొనవలయును. ఘన పదార్థములయొక్క ఉపరితలములు స్థిరములు, అవ్యతములు నిర్వివాదముగా నిర్వచించబడునవి అనుభావము సూత్ర దృష్ట్యా (ముఖ్యముగా) పరమాణ్వాకీ మనలను నిర్వధించును. ఖండితముగ చెప్పవలసి వచ్చినయెడల, ఒకరాని నొకటి తగుల్కొనియుండు గట్టి పదార్థములకు సాధ్యమైన ఆకారములకుగాను బృహన్నండల మందయిన (బ్రహ్మాండమునందైనను) కచ్చితమైన సూత్రములు లేవు.

ఇటులయివను స్థలభావము వివర్ణించ నెవరును అనుకొనరు. ఏమనిన, మిక్కిలి సంకృప్తికరము, పూర్ణము అగు ప్రకృతి శాస్త్రీక్రమమున అది విడువరానిదిగ తోచును. 'స్థల' భావమును విడనాడుట గురించి, 19వ శతాబ్దిములో మాక్ అను నతడొకడే తీవ్రముగా ఆలోచించెను. ఆ సందర్భములో అతడు అన్ని భౌతిక విందువుల సుధ్యగల యుగవత్ దూరము అంతయు ఒకరాని అను భావమును స్థలభావస్థానే నెలకొల్పి చూచెను. జడత్వమునుగూర్చి తృప్తికరముగ తెలియుటకై అతడు ప్రయత్నము చేసెను.

శ్రేణుము :

న్యూటోనియన్ యాంత్రిక శాస్త్రమున స్థలమూ, కాలమూ, ద్విపాత్రలుగా నుటచును. మొదట, ఆది భౌతిక శాస్త్రమున ఎరుగు

వానికి వాహకములు లేక, చట్రములుగను పాత్రను నటించును. వానిని నూచ్యములుగ గొని, స్థల-కాల నిర్దేశాంశములవలన ఘటనలు వివరింపబడును. ముఖ్యార్థమున, ద్రవ్యము పదార్థబిందువులతో ఏర్పడియున్నట్లు తలవబడినది. ఆ పదార్థ బిందువుల చలనమువలన భౌతిక సంభవములు ఏర్పడును. పదార్థము ఒకటే పోతను పోసినట్లు ఏకాండముగ నూహింపబడినది. కొన్ని సందర్భములందు, అనగా, వేరుపడిన నిర్మాణముగ వర్ణించుటకు ఇష్టములేని పట్టునలేక వర్ణింపలేని పట్టున అట్లు ఊహించుట కాత్మాభిమతిగ జరుగును. ఈ సందర్భమున పదార్థముయొక్క చిన్న భాగములు (ఘనముయొక్క మూల ప్రమాణములు) పదార్థ బిందువులుగ కనీసము సంభవములతోగాక, కేవలము చలనములతోడనే మనకు నెఱుంగఁగలిగినంతవరకును అట్లు పరిగణింపబడును. ఆ సమయములందు వాటిని చలనములకు ఆరోపించుట సాధ్యముకాదు. ప్రయోజనమునకును వాటితో పని పట్టదు. (ఉదాహరణము : ఉష్ణోగ్రతయందలి మార్పులు, రసాయనికపు మార్పులు) స్థల-కాలములు రెంధవపాత్ర జడత్వ విధానమున నుండుట. ఊహింప గలిగినన్ని మాచిత విధానములందన్నిటను జడత్వ విధానములు లాభదాయకముగ ఎంచబడినవి. అందు, వాటికి సంబంధించి, జడత్వసూత్రమూ ప్రామాణ్యస్థానము గొనును.

ఇందులో 'భౌతిక వాస్తవికత' ప్రధానమైన విషయము అనుభూతము గావించుకొను వ్యక్తుల నపేక్షింపక భౌతిక వాస్తవికత స్వతంత్రముగ నిలుచును. ఆ ఊహ కనీసము సూత్రమునందయిననూ స్థలకాలములు ఒక వైపుననూ, ఆ స్థలకాలములకు సంబంధించి, చలించు స్థిరస్థితి మన్న పదార్థ బిందువు లొకవైపుననూ కలిసియున్నట్లు ఊహింపబడినది. స్థలకాలములు స్వతంత్ర స్థితిగలవను భావముయొక్క ఉపేక్షనిగూర్చి అభిప్రాయము నిష్కర్షగా ఇటుల వివరించనగును : పదార్థము లేకపోయిననూ, స్థలకాలములు మాత్రము కేషించియుండును. (భౌతిక సంభవమునకు ఒక రంగముగ) ఈ లక్షితస్థానమును అతిక్రమించును. అభ్యు

దయ వికాసము ఫలితముగ తటస్థించినది ప్రథమతః అది స్థలకాల సమన్వయో విమితములేకుండా పొడచూపినది. అదియే శ్లేత్రభావము యొక్క ఆవిర్భావము. ముఖ్యముగా, కణభావము స్థానే ఈ శ్లేత్రభావము నిలచినది. పదార్థబిందువు సాంప్రదాయక భౌతికశాస్త్రమున చట్రములో, పదార్థము టక ఏకాండముగా చూడబడు సందర్భములందున, శ్లేత్రభావము ఒక ఉపభావముగ వెలసినది. ఉదాహరణమునకు ఒక ఘన పదార్థమున ఉష్ణవాహకత్వము ఎంచిన, ప్రతి నిర్దిష్ట కాలమునకునూ, వస్తువుయొక్క ప్రతి బిందువుయొద్ద ఉష్ణోగ్రత ఉడుట వర్తించబడినది. గణితశాస్త్రరీత్యా దీని అర్థము T ఉష్ణోగ్రత స్థల నిర్దేశాంకముల యొక్కయూ x కాలము (ఉష్ణోగ్రతా శ్లేత్రము) యొక్కయూ, గణిత శాస్త్రీయ వ్యక్తికరణముగ (ఉత్పన్న ఫలముగ) సూచించబడినది, ఉష్ణ వాహకత్వ నియమము, ఉష్ణవాహకత్వ విశిష్ట సందర్భములన్నియును కూర్చుకొనిన ఒక స్థానిక సంబంధము (అవకలన సమీకరణము)గా సూచించబడినది. శ్లేత్రమునకు, ఇక్కడ ఉష్ణోగ్రత ఒక సామాన్య ఉదాహరణము. నిర్దేశాంకములకు, కాలమునకు సంబంధించిన రాశి యిది (లేదా రాశుల సమూహము) ఒక ద్రవముయొక్క చలనవర్ణన మణియొక ఉదాహరణము. ప్రతియొక బిందువువద్ద, ఏ సమయమునందైన, ఒక సరళ వేగముండును. అది ఒక నిర్దేశాంక విధాన అక్షములకు సంబంధించి మూడు అక్షములుగ (సదిశలుగ) పరిమాణాత్మకముగ వర్తించబడినది. ఒక బిందువువద్ద సరళవేగముయొక్క అంగములు (శ్లేత్ర అంగములు) ఇక్కడనూ, ఉత్పన్న ఫలములు (x, y, z) కాలము t యూ అయి యున్నవి. ఉదాహరణములగు శ్లేత్రములు తూచనగు ద్రవ్యరాశిని తటస్థించుట. ఆ శ్లేత్రముల ధర్మమైయున్నది. అవి పదార్థముయొక్క స్థితి వర్ణనకు మాత్రమే ప్రయోజనకరములు. శ్లేత్ర భావముయొక్క చారిత్రాత్మక కాభివృద్ధి సమసరించి, పదార్థము లభింపనిచో, శ్లేత్రముకూడా ఉండజాలదు. కాని, స్థితి స్థాపకత ధర్మముగల ఘనపదార్థమున యాంత్రిక కంప

నక్షేత్రమునకు పూర్తి సాదృశ్యమున కాంతి తరంగక్షేత్రముగ పరిగణింపబడునపుడు. ఆశ్చర్యకరమగునంత విస్తృతముగ వృత్తికరణ దృగ్గోచర విషయమును కాంతిగతి వివరించి చెప్పగలుగును-అని 18వ శతాబ్దము ప్రథమ పాదమున నిరూపింపబడెను. ఈ విధమున తూకముగల పదార్థము లేకున్ననూ, కూన్యస్థలమున కూడా ఉండగల ఒక క్షేత్రమును ప్రవేశపెట్టుట అవసరమనిపించెను.

ఈ స్థితిగతులు ఒక విరుద్ధపరిస్థితిని కల్పించెను. ఎందువలననగా క్షేత్రభావము మూలసిద్ధాంతానుసారము. తూకముగల వస్తువుయొక్క అంతర్భావములోని స్థితులను వర్ణించుటకు మాత్రమే పరిమితమయినట్లు కన్పట్టును. యాంత్రికానువాదమునకు చాలిన స్థితిగా, ప్రతిక్షేత్రము పరిగణింపబడవలయు ననుటలో ముందుగానే పదార్థముయొక్క ఉనికి ఊహింపబడినది. ఈ నమ్మకము రూఢిగ ఉండుటచే ఈ క్షేత్రవిషయము విశ్వయాతిశయము కలదిగ కనబడును. ఈ విధమున, ఇంతవఱకునూ కూన్యము పరిగణింపబడిన స్థలముతోకలసి ఈథర్ అనుపేరిట ఒక పదార్థ స్వరూపము ఎల్లెడల ఉన్నట్లు తప్పనిసరిగ ఊహించవలసి వచ్చినది. ఊహించబడిన యాంత్రిక కావ్యాముతోడి కూటముమండి క్షేత్రభావము యొక్క విడుదల భౌతిక విచారదానివృద్ధియందు. మనస్తత్వ శాస్త్రీయ కుతూహలకరములగు ఘటనలో ముఖ్యతను స్థానమును బడసినది - ఫేరడే. మేక్స్ వెల్ పరిశోధనలకు సంబంధించి, అది 19వ శతాబ్దపు ఉత్తరార్థము నందు క్షేత్ర పదములలో విద్యుదయస్కాంత ప్రక్రమము వర్ణన పదార్థ లిందువుల యాంత్రిక భావముల ఆధారమున సాగించిన ప్రస్తావన రీతి న్న విరివిగా చాల ఉన్నతమయినదై యయ్యెను - అను నిర్వచనముతో అది అంతకంతకు స్పష్టతరమయ్యెను. మేక్స్ వెల్, విద్యుద్గతి శాస్త్రమున క్షేత్రభావము ప్రవేశపెట్టెను. అందు విద్యుదయస్కాంత తరంగములూ, కాంతి తరంగములు ఉనికి, కాంతి కిరణములతో వాని అభిన్నత అవశ్యము సందేహింపరాదని, ముందు మాచనలో ప్రాయకమున తేజశ్శాస్త్రము.

విద్యుద్గతికాస్త్రముచే అంశర్లీనము గావించుకొనబడెను. ఈ గొప్ప విజయము సాధించిన మనస్తత్వ ఫలితము, సాంప్రదాయక భౌతికకాస్త్రీయాంత్రిక చక్రమునకు విరుద్ధముగ 'శ్మేత్రభావము' అధికతర స్వతంత్రము సాధించెను.

అయినప్పటికినీ, విద్యుదయస్కాంత శ్మేత్రములు ఈథర్ యొక్క స్థితులుగ అనువదించబడవలయునని మొట్టమొదట అంగీకృతముగ పరిగ్రహించినది అదియే. మఱియు, అది ఈ స్థితులు యాంత్రికములకు చెందినవని విపులీకరించుటకు మిక్కిలి పట్టుదలతో అన్వేషణములు సాగించెను. కాని, ఈ ప్రయత్నములు సదా నిష్ఫలములయి పోవుచుండుటచే, క్రమేణా కాస్త్రము యాంత్రికాను వాదమువంటి అభిప్రాయములు విడిచివేయుటకే అరిచాటుపడ జొచ్చిరి. అయినప్పటికినీ, విద్యుదయస్కాంత శ్మేత్రములు ఈథర్ యొక్క స్థితులు అయియుండవలెనను దృఢ విశ్వాసమింకనూ, అటులే నిలబడిపోయెను. శతాబ్దము మారునప్పటి పరిస్థితి యిది.

ఈథర్ సిద్ధాంతము తనతోపాటుగ ప్రశ్ననుకూడ తెచ్చెను. తూకముగల వస్తువులకు సంబంధించిన యాంత్రిక దృక్పథమున ఈథర్ ఎట్లు ప్రవర్తించును? వస్తువు గతియందు అది పాల్గొనునా? లేక దాని భాగములు ఒకదాని కొకటి నిశ్చలతను అటులే యుండునా? ఈ ప్రశ్నకు సమాధానము నిర్ణయించుటకై యుక్తి సహాయమున ప్రయోగము లెన్నియో జరుపబడెను. ఈ సందర్భమున ఈ దిగువ ముఖ్యవిషయములు ఉదహరింపనగును: సాంవత్సరిక భూచలనము పర్యవసానముగా స్థిర నక్షత్రములనుండి మనలను చేరుచున్న కాంతి తెలియబడిన తరచుదనములమీద, స్థిర నక్షత్రముల సాపేక్ష చలనప్రభావము మైకెల్ సన్-మార్టీ ప్రయోగమువినా, శక్కిన యధార్థ విషయముల ప్రయోగ ఫలితములు హెచ్. ఎ. లారెన్ ట్ డ్ వలన విపులీకరించి చెప్పబడినవి. అతడు తూకముగల వస్తువుల చలనములలో, ఈథర్ పాల్గొనదు, ఈథర్ యొక్క

భాగములు పరస్పరము ఒకదానికి సంబంధించి ఒకటికి సాపేక్ష చలనములు కలిగియుండలేదు-అని అనుకొనుటతో ఈ విధముగ ఉన్నట్లు చూచిన. ఈథర్ కేవలము నిశ్చలతనున్న స్థలముయొక్క స్థూలాకృతిగా కనబడెను. కాని, లారెన్ట్ డిఫరెన్స్ అంతకుమించియే పాధించెను. విద్యుత్ ప్రేతముమీద తూచనగు పదార్థముయొక్క ప్రభావమును అనుకొనుట వలన, అనాటికి తెలిసిన తూకముగల వస్తువులలో విద్యుదయస్కాంత ప్రక్రమములు అన్నియు అతడు వలన వచ్చెను. మణియు కణముల యొక్క గతిని పంచుకొనునట్టి విచిత్రావేశ కణములను పదార్థము యొక్క అంగభూతము కణము మోసికొనిపోవును - అని పదార్థము విషయమును విశదపఱచెను. మైకేల్ సన్, మార్లే ప్రయోగమునకు సంబంధించి, ఈ నిశ్చలతనున్న ఈథర్ సిద్ధాంతము తన సిద్ధాంతమును కనీసము ఖండింపలేదని హెన్. ఎ. లారెన్ట్ డిఫరెన్స్ చూపెను.

రమణీయములైన ఈ విషయములన్ని పొందినప్పటికిన్ని, ఇంకనూ, ఈ దిగువ కారణములవలన సిద్ధాంతస్థితి పూర్తిగా తృప్తికరముగ లేదు. స్వాభావిక నియమములను సూక్ష్మీకరించుటకు అడత్త విధానముయొక్క, అడత్త స్థలముయొక్క తుల్యతను సాంప్రదాయిక యాంత్రిక శాస్త్రము చాలా సన్నిహితముక సరిపెట్టుననునది సందేహింప నక్కరలేదు. అనగా, ఒక అడత్త విధానమునుండి, ఇంకొక అడత్త విధానమునకు మారునపుడు స్వాభావిక సూత్రములు విభిన్నత ఆచలము విద్యుదయస్కాంత ప్రయోగములు, తేజశ్శాస్త్ర ప్రయోగములూ, అదే విషయమును కచ్చితముగా నిరూపించెను. కాని, విద్యుదయస్కాంత సిద్ధాంతముయొక్క పునాది ఒకానొక అడత్త విధానమునకు, అనగా కాంతి వెలువరించు ఈథరు నిశ్చలత నున్నదను ప్రాముఖ్యత నీయవలయునని బోధించెను. ఈ సైద్ధాంతిక మూలతత్వముయొక్క దృక్పథముకూడా అసంశృప్తికరముగనే ఉండెను. సాంప్రదాయిక యాంత్రిక శాస్త్రమునందువలెనే అడత్త విధానములకు (విశిష్ట సాపేక్షమూలతత్వము) తుల్యత నిలబెట్టగలుగు సవరణ ఏమియు

లేదా ! ఈ ప్రశ్నకు సమాధాన మీయగలుగునది విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతము. అది మాక్సు వెబ్, లారెన్ ట్ ట్ సిద్ధాంతమునుండి కూన్స్ స్థలమున కాంతి సరళవేగ స్థిరత్వమును ఊహించుటను గ్రహించెను ఇడత్వ విధానముల, తుల్యతతో దీనికి (విశిష్ట సాపేక్షతా మూలసిద్ధాంతము) పొందిక గొనితెచ్చుటకై యుగవత్కాలిక స్వభావము అను భావమును విడువవలెను. దానికితోడు కాలస్థల నిర్దేశాంకములకు లారెన్ ట్ ట్ రూపాంతరములు. ఒక ఇడత్వ విధానమునుండి మరియొక విధానమునకు మార్పుటకయి, వెన్నంటివచ్చును. విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతము యొక్క యావద్విషయమూ ఆ గృహీతమునందు చేర్చబడియున్నది. ప్రాకృతిక నియమములు, లారెన్ ట్ ట్ రూపాంతరణములకు సంబంధించి అచలముగ నున్నవి. ఒక నిర్దిష్ట విధమున సాధ్యమగు ప్రాకృతిక నియమములను నియమిత మొనరించునను యధార్థ విషయమున (సంభవము) దీని ప్రాముఖ్యత యున్నది.

స్థల సమస్యకు సంబంధించి, విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతముయొక్క స్థాన మేమి ? ఈ సిద్ధాంతమువలన, మొట్టమొదటిసారిగా చతుర్ముఖీయ వాస్తవికత కొత్తగా ప్రవేశపెట్టబడినదను అభిప్రాయము జొరరాకుండా నున్నందుగా జాగ్రత్తపడవలయును. సాంప్రదాయిక భౌతిక శాస్త్రమునగూడ ఒక ఘటన, మూడు స్థలనిర్దేశాంకములు, ఒక కాలనిర్దేశాంకము వెరళి, నాలుగు సంఖ్యలచే నిర్దేశితము గావింపబడుచున్నది. భౌతిక ఘటనల రాశిమొత్తము చతుర్ముఖీయములయి, అవిరామములయిన బహుసంఖ్యానీకమున పొందుగబడినవిగ ఊహింపబడినది. కాని, సాంప్రదాయిక యుంక్రిక శాస్త్రమున చతుర్ముఖీయమయిన ఏకాండము బాహ్యముగ ఏకమితియగుకాలము క్రమితియములయిన స్థల భాగములుగ తెగిపోవును. ఇందు కడపటిదిమాత్రము యుగవత్కాలిక ఘటనలు కలిగియుండును. ఈ తీర్మానము, ఇడత్వ విధానము లన్నిటికి ఒకటియే అయియున్నది. ఒక ఇడత్వ విధానమునకు సూచకముగ రెండు నిర్దిష్ట ఘటనల 'యుగవత్'

కాలికము', జడత్వ విధానముల కన్నిటికి సూచకముగ. ఘటనా యుగ పక్కాళికముతో పెనవైచుకొనియున్నది. సాంప్రదాయిక యాంత్రిక కాలము నిరపేక్షమైయున్నది. అని దాని తాత్పర్యము. విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతానుసారము అది వేటొకవిధమున నున్నది. ఒకానొక జడత్వ విధానమునకు సంబంధించి ఎన్నుకొనిన ఒక ఘటనతో యుగపక్ష కాలము లయిన ఘటనరాశి మొత్తము నిలిచియుండును. అది వాస్తవమే కాని జడత్వ విధానముయొక్క ఎన్నికకు సంబంధించి మఱి యిక నిలువనేరదు. చతుర్ద్వితీయమగు ఏకాండము భాగములన్నియు, యుగ పక్కాళిక ఘటనలు కలిగియుండునట్లు భాగములులోనికి, కావ్యాముగా చతుర్ద్వితీయ మగు ఏకాండము భాగించవలెనునడును. స్థలాత్మకముగ విస్తృతినంది ప్రపంచమున 'ఇప్పుడు' అను దాన వస్తునిష్ఠతార్థమును కొల్పోవును. అందుకు కారణము యిది. అనవసరము, అహేతుకములగు లోక సాంప్రదాయికములులేకుండా, వస్తు నిష్ఠతసంబంధముయొక్క ఉద్దేశము వ్యక్తిక రింప వాంఛించినయెడల స్థలము, కాలము కావ్యాముగ విభజింపబడరాని చతుర్ద్వితీయమగు ఏకాండముగ పరిగణింపబడవలయును.

విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతము జడత్వ విధానము లన్నిటియొక్క భౌతిక తుల్యతను బహిరంగపరిచినది కనుక ఈథర్ యొక్క విశ్వలతా పరికల్పనము సమంజసము కాదనుటను ఋజువు చేసెను. అందువలన, విద్యుదయస్కాంతక్షేత్రము పదార్థ వాహకముయొక్క స్థితిగా పరిగణింప బడవలయునను అభిప్రాయము విడనాడుట అవసరమయ్యెను. ఈ విధమున క్షేత్రము భౌతిక వివరణమున, అంతకన్న యింక తగ్గించరానిదిగ నగును. 'తగ్గింపరాని' అనుటలో న్యూటను సిద్ధాంతములో పదార్థము భావనతో సరిసమానమైన భావమని ఉద్దేశము.

విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతమువలన స్థలము, కాలముగూర్చిన భావములు ఏయే విషయములలో మార్పులు చెందినవో కనుగొనుటకు ఇంత

వరకునూ మన దృష్టిని సారించితిమి. ఇక ఇప్పుడు సాంప్రదాయిక యాంత్రిక శాస్త్రమునుండి, ఈ సిద్ధాంతము స్వీకరించినట్టి మూలకముల మీదికి మన లక్ష్యమును కేంద్రీకరింపము. ఇందుననుకూడా, స్థలకాల వివరణమునకు మూలాధారముగ ఒక జడత్వవిధానమును గ్రహించినపుడే ప్రాకృత నియమములు సమంజసములగును. క్షేత్ర సూత్రములుకూడ జడత్వ విధానములకు సంబంధించిమాత్రమే అర్థము వాస్తవికత కలిగి యుండగలవు. సాంప్రదాయిక యాంత్రిక శాస్త్రములోవలె భౌతిక వాస్తవికత యొక్క వివరణములోకూడా స్థలము స్వతంత్రభాగముగ నున్నది. పదార్థము క్షేత్రము తొలగింపబడినటులు మన మూహించినయెడల జడత్వ స్థలము, లేక ఇంకనూ కచ్చితముగ కాలముతో సంబంధించిన ఈ స్థలము శేషించును. (మిన్ కోస్కి స్థలము) చతుర్ముఖీయ నిర్మాణము (నిర్మితి) పదార్థముయొక్కయు వాహకముగా తలంచబడినది. జడత్వ స్థలములు, వానికి సంబంధించిన కాలములు, రేఖాత్మకములగు లారెన్ట్జ్ రూపాంతరణములవలన అనుబంధింపబడిన, అధికృత చతుర్ముఖీయ నిర్దేశాంక విధానములుగ మాత్రమే అయి ఉన్నవి. ఈ చతుర్ముఖీయ నిర్మాణములో కావ్యముగా 'ఇప్పుడు' అని సూచింపబడునట్టి భాగములేమియు ఉండనేరవు. కనుక అరుగుట, అగుట అను భావములు నిజమునకు పూర్తిగా నిలుపుదల చేయబడలేదు. కాని యింకనూ క్లిష్టములైనవి కనుక, భౌతిక, వాస్తవికత అనిన, యంతవరకు అనుకొనినటులు త్రిమితీయ అస్తిత్వము యొక్క పరిణామము అనికాక చతుర్ముఖీయ అస్తిత్వము అని తలచుట స్వాభావికముగ కనబడును.

విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతముయొక్క దృఢమైన చతుర్ముఖీయ స్థలము కొంతవరకు హెచ్. ఎ. లారెన్ట్జ్ యొక్క త్రిమితీయమైన ఈథర్ సిద్ధాంతముయొక్క చతుర్ముఖీయ సాదృశ్యమే ఈ సిద్ధాంతమునకు కూడా ఈ దిగువ ప్రవచనము సమంజసమగును. భౌతిక స్థితి వివరణము ఆరంభమునం దీయబడి, స్వతంత్రముగ ముందునట్టి స్థలముగా అంగీకరించు

చున్నది. ఈ విధముగా 'శూన్యస్థలము' యొక్క స్వతంత్రత లేక నిశ్చయముగు ఆరంభ అస్తిత్వముకు సంబంధించిన, డెకార్టీ యొక్క చిక్కును తొలగించలేదు. ఈ సందర్భమున, ఈయబడిన ప్రాథమిక విమర్శయొక్క వాస్తవికలక్ష్యము సార్వత్రిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతము మూలమున ఈ సందేహములు ఎంతవఱకు అతిక్రమించబడినవో చూపుటయే.

సార్వత్రిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతమున 'స్థలము'ను గూర్చిన భావన

జడత్వ ద్రవ్యముయొక్క, గురుత్వ ద్రవ్యముయొక్క తుల్యత అవగాహనము చేసికొను ప్రయత్నముననుండి ఈ సిద్ధాంతము మొట్టమొదట ఉదయించినది. భౌతిక దృక్పథముననుండి, శూన్యమయిన స్థలముయొక్క S_1 అనబడు జడత్వ విధానమునుండి మనము బయలుదేరుదుము. అనగా, ఆలోచితమైన స్థలభాగములో పదార్థము (మామూలు భావమున) గాని, షేత్రము (విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతార్థమున) గాని యుండదు. S_1 నకు సూచితమయిన సమత్వరణలోనున్న S_2 అను రెండవ సూచిత విధానము ఉన్న దనుకొందము. S_2 అప్పుడు జడత్వవిధానము కానేరదు. S_2 సంబంధించి, పరిజ్వరణమునకయిన ప్రతి ద్రవ్యరాశియు స్వగత, భౌతిక, రసాయనిక స్వభావములకు స్వతంత్రముగనున్న త్వరణతో నడచును కనుక, S_2 కు సాపేక్షముగా, ఒక గురుత్వాకర్షణ షేత్రమునుండి కనీసము మొదటి అంచనాకయినను గుర్తించరాని ఒక స్థితిని ఉండును. ఈ దిగువ భావము పరిశీలించనగు సంభవములతో ఈ విధముగా పొందు కలిగి యుండును: S_2 కూడా ఒక జడత్వ విధానమునకు తుల్యమైనది. కాని S_2 కు సంబంధించి, (సజాతీయమైన) ఒక గురుత్వాకర్షణ షేత్రము ఉన్నది. (ఈ సందర్భమున, దీని మూలస్థానముగూర్చి, అంతగా మన మాలోచించవనిలేదు) గురుత్వాకర్షణ షేత్రమును మన ఆలోచనా పరంపరలో చేర్చినపుడు, సూచిత విధానములగతి ఎట్టిదయిననూ, ఏ సాపేక్షగతివఱకైననూ 'తుల్య మూలసిద్ధాంతము' పొడిగించవచ్చును - అని ఊహించుటలో

వస్తు నిష్కళలోని అర్థభావములు విడిపోవును. ఈ ప్రముఖాభిప్రాయముల మీద సంగళము, సముచితము అయిన సిద్ధాంతమును, ఆధారపడునట్లు చేయుట సాధ్యమైనయెడల అనుభవమున బలీయముగ ధృవపలుపగల జడత్వ ద్రవ్యరాశియొక్క గురుత్వాకర్షణ ద్రవ్యరాశియొక్క తుల్యతా సంభవమును దానికదియే ఋజువు కాగలదు.

చతుర్ముఖీయముగా ఆలోచించిన, చతుర్ముఖీయ నిర్దేశాంకముల యొక్క నైకఘాత రూపాంతరణము N_1 నుండి N_2 మార్పుటకు అను రూపముగ నుండును. ఇప్పు డీ ప్రశ్న ఉత్పన్నమగును. ఎటువంటి నైక ఘాత రూపాంతరణములు అనుమతించబడ వలయును? లేక లారెన్స్ ఓ రూపాంతరణము సార్వత్రికముగ వర్తింపజేయుట ఎట్లు? ఈ ప్రశ్నకు సమాధానము వలసిన, ఈ దిగువ పరిశీలన అనివార్యము.

మున్నుండుగ సిద్ధాంతమున జడత్వ విధానమునకు ఈ ధర్మమును ఆరోపించుము. స్తబ్ధతనున్న దృఢమైన కొలతకడ్డీలతో నిర్దేశాంక గత భేదములను నిశ్చలతనున్న గడియారములతో, కాలగత భేదములును కొలువబడును. మొదట అనుకొనినదానికి రెండవది అనుబంధముగ చేర్చ బడినది. అసగా నిశ్చలతనున్న కొలత కడ్డీలను సాపేక్షముగా పలుచుటకు అనుసంధించుటకు, యూక్లిడ్ జ్యామితిలోని పొడవులకు సంబంధించిన సిద్ధాంతములు సరిపడును. విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతముయొక్క ఫలిత ములనుండి, N_1 జడత్వ విధానములకు సాపేక్షముగ త్వరణగతి N_2 సూచిత విధానములకు సూటియైన నిర్దేశాంకాత్మక, శాతీకియ గూఢా ర్థము సమన్వితమౌను. కాని, సందర్భ మిదియేయైన సన్నిహితత్వము యొక్క క్రమమును, అంతస్తును నిర్దేశాంకములు యిప్పుడు వెలిబుచ్చును. కనుక స్థిరముయొక్క ప్రమాణాంతరమును కూడా వెల్లడించును. కాని, కొలతకు సంబంధించిన ధర్మములు వీనినికూడ వెలువరింపవు. ఈ విధ ముగా¹ వ్యేచ్ఛాగతిని ఏకసరణిని సాగిపోవు రూపాంతరములకు, ఈ

(1) అనుక, ఇట. ఇంతమాత్రమున వివరణము చాలును.

రూపాంతరణములను విస్తరింపజేయునంతకు మనలను తీసికొనివచ్చినవి. నిర్దేశాంశముల స్వేచ్ఛానుగతి కా విచ్చిన్న రూపాంతరణములకు సంబంధించి ప్రాకృతిక నియమములు సహచరములై యుండవలయును. ఈ అవశ్యకత (సూత్రములయొక్క సాధ్యమైనంత అత్యంత సరళత్వముతో కూడి) సాపేక్షతా సిద్ధాంతముయొక్క విశిష సూత్రముకన్న సాటిలేని బలాతిశయముగ, మన అలోచనలోనున్న లేక పై ప్రాకృతిక నియమములకు హద్దులు కల్పించును.

ఈ ఊహాపరంపరలు స్వతంత్ర భావముగా తేత్రమున తప్పనిసరిగా ఆధారపడియుండును. ఏలనన, తేత్రము ఉత్పాదనముచేయు ద్రవ్యభాగులయొక్క ఆస్తిత్వమును ప్రశ్నలేకుండ. N_2 కు సంబంధించి వ్యాప్తి మున్న నియమములకు గురుత్వాకర్షణ తేత్రముగ అనువదించబడినది. ఈ ఊహాపరంపరలవలననే సామాన్య తేత్రములకగు సూత్రములకంటెను ఎక్కువ నూటిగ, సార్వత్రిక సాపేక్షతా గురుత్వాకర్షణతేత్ర సూత్రములు ఏల సంబంధించియున్నవో గ్రాహ్యము కాగలదు. (ఉదాహరణమునకు : విద్యుదయస్కాంతతేత్రము ఉన్నప్పుడు) అనగా, 'తేత్ర స్వచ్ఛందత' మిస్కోసిక్ స్థలము, ప్రాకృతి సూత్రమున సాధ్యమగు విశిష్ట సందర్భమును సూచించునని ఊహించుటకు సరియగు స్థానము మనకు లభించినది. అది వాస్తవమునకు, ఊహించనగు నంత స్వల్పమగు విశిష్ట సందర్భమై యున్నది. దానియొక్క కొలతల స్వభావమునకు సంబంధించి అట్టి స్థలమును సంభవనీయమైన $dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2$ మూలము స్వభావగతాదులు నిర్ణయింపబడినవి. త్రిమితీయ, స్థలతాదృశ మధ్యచ్ఛేదము యొక్క అనంతసూక్ష్మములగు రెండు సన్నిహిత బిందువుల యొక్క స్థలవియోగము (ఏకొలమానముతో కొలిచిన) యొక్క వర్గము (వైతోగరియన్ సిద్ధాంతము) వీలయిన కొలమానముతో కొలిచినపుడు x_1, x_2, x_3 అనునవి సామాన్యములయిన రెండు ఘటనలయొక్క తాత్కాలిక వియోగము ఇందు dx_4 అయియున్నది. లారెన్ట్ డ్ రూపాంతరణముల సహాయము ఇంతకుముందు చూపబడిన

$$ds^2 = dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2 - dx_4^2 \quad \dots\dots\dots (I)$$

మొత్తముతో కావ్యాపు కొలమానము సంవర్కము కలిగియున్నది. అని దీనియందలి భావము గణనరీత్యా ఈ సంభవము రూపాంతరణములకు నిశ్చయముగ నున్నది. సార్వత్రిక సాపేక్ష మూలతత్వ భావమున, నిర్దేశ కాంకముల స్వచ్ఛంద విచ్ఛిన్నరూపాంతరణమునకు స్థలము లోనుగాబడిన యొడల, అప్పుడు కావ్యాముగ తెలియజేయబడిన మొత్తము ds ,

$$ds^2 = g_{ik} dx_i dx_k \quad \dots\dots\dots (1a)$$

అనుసంబంధమున, నిర్దేశకాంక విధానమున వ్యక్తీకరింపబడినది. 11, 12.... 44 వరకుగల సవయములన్నిటికి i, k ఘాతాంకముల అది మొత్తము చేయసలసియుండును g_{ik} పదములు ఇప్పుడు స్థిరాంకములు కావు. కాని ఇచ్చానుగతికముగ ఎన్నుకొనిన రూపాంతరణములవలన, నిర్ణయింపబడిన, నిర్దేశాంక ఉత్పన్నఫలితములు అయి ఉన్నవి. అయినప్పటికి g_{ik} క్రొత్త నిర్దేశకాంకములయొక్క ఇచ్చానుగతికములయిన ఉత్పన్న ఫలితములు కావు. కాని, అవి నాలుగు నిరూపకములయొక్క అవిరామ రూపాంతరణమున (1a) స్వరూపము (I) వ స్వరూపములోనికి తిరిగి రూపాంతర ముందింపగలిగిన తరగతికిచెందిన ఉత్పన్న ఫలితములయి ఉన్నవి. ఇది సాధ్యము కావలెననినచో సార్వత్రిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతము యొక్క సూత్రీకరణమునకు అర్థశతాబ్దమునకుముందు బి రీమాన్ (రీమాన్ నిబంధనము) నిబంధనము కల్పించెను. అందుండి, ఉత్పాద్యములయిన ఒకానొక కొన్ని సామాన్య సహచర సమీకరణములకు g_{ik} ఉత్పన్న ఫలితముల సంతృప్తికరములు కావలయును. తుల్యతా మూలతత్వానుసారము (1a) g_{ik} రీమాన్ నిబంధనను ఉత్పన్న ఫలితములు తృప్తికరములై నపుడు ఒక ప్రత్యేక తరగతికిచెందిన గురుత్వాకర్షణక్షేత్రము, సర్వసాధారణ సహచరస్వరూపమును వివరించును. రీమాన్ నిబంధనము తృప్తినందింపబడినపుడు ఒక సామాన్య తరగతికిచెందిన శుద్ధగురుత్వాకర్షణ క్షేత్రము నకు, ఈ సూత్రమూ తృప్తినందింపబడునను పై విషయమును అనుగమించును. కాని రీమాన్ నిబంధనముకన్ననూ, దుర్బలముగనో లేక స్వల్ప

వరిమితముగనో ఉండవలయును. ఈ విధముగా, శుద్ధ గురుత్వాకర్షణ శ్రేణి నియమము ప్రయోగపూర్వముగ, పూర్తిగ నిర్ణయింపబడినది అ ఫలితము ఎక్కువ విపులీకరించి ఇక్కడ సమర్థింపబడదు

సార్వత్రిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతములోనికి, వరివర్తనము చేయుట ఎంతవఱకు స్థలభావమును సవరించినదో గమనించగల స్థితిలో మనమిప్పు డున్నాము. సాంప్రదాయిక యాంత్రిక శాస్త్రానుగుణ్యముగను, విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతము ప్రకారము పదార్థమును లేక శ్రేణిమును అపేక్షింపక, స్వతంత్రముగా స్థలము (స్థల-కాలము) ఒక ఉనికిని కలిగియు న్నది. స్థలమును పూరించుదానిని నిర్దేశాంకములమీద ఆధారపడి యున్న దానిని, అసలు వర్ణింపజాలుటకయి, స్థల-కాలమును లేక జడత్వ విధాన మును, దానియొక్క మావక ధర్మములతోసహా, ఒకే సమయమున ఉన్న ట్లుగ (తక్షణము) అనుకొనవలయును. లేకున్న, స్థలమును పూరించు నది అను వర్ణన అర్థరహితమగును¹. సార్వత్రిక, సాపేక్షతా సిద్ధాంతము యొక్క ఆధారముమీద, 'స్థలమును పూరించునది' అనుదానికి వ్యతిరేక్త ముగ నిర్దేశాంకములమీద ఆధారపడునట్టి స్థలము విడివడిన ఉనికిని కలిగి యుండదు. గురుత్వాకర్షణ సమీకరణములు సాధించుటవలన, g_{ij} పద ములలో (నిర్దేశాంకముల ఉత్పన్న ఫలిములుగ) విశుద్ధ గురుత్వాకర్షణ శ్రేణిమును అనగా g_{ij} ఉత్పన్న ఫలిములనూ తొలగింపబడినటుల మనము ఊహించినయెడల కేవలము వస్తురహితము 'స్థానాత్మకస్థలము' లేకపోవుటవినా(1) మాదిరి స్థలమే మిగిలియుండదు. ఏలనన g_{ij} ఉత్పన్న ఫలి ములు శ్రేణిమునేగాక దానితోపాటు బహుప్రతియొక్క స్థాన రూపక నిర్మాణాత్మక ధర్మము లుకూడ వర్ణించును. సార్వత్రిక సాపేక్షతా సిద్ధాంత స్థానమునుండి(1) నిర్ణయించినమాదిరి స్థలము g_{ij} యొక్క ప్రత్యేక పరిస్థితి తప్పిడిచి, శ్రేణిములేనిస్థలముకాదు. ఉపయోగించిన నిర్దేశాంకవిధానము

1 'స్థలమును పూరించునది' (ఉదా : శ్రేణిము) తొలగింపవలయునని తలపోసినయెడల 'మావక స్థలము' ఇంకను మిగిలియుండును.

(1) తదనుగుణ్యముగ అందు ప్రవేశపెట్టిన శోధన వస్తువుయొక్క జడత్వ గుణచర్యగూడనిశ్చయింపబడును.

స్వపరమున వస్తు నిష్ఠతమగు భావము కలిగియుండదు. ద్విజ ఉత్పన్న ఫలములు నిర్దేశాంకములమీద ఆధారపడని విలువలను కలిగియుండును. శూన్యస్థలమును నట్టిదిలేదు. అనగా, తేత్రములేని స్థలము - తేత్రము యొక్క నిర్మాణాత్మముగ గుణముగ మాత్రముతప్ప స్థలకాల అస్తిత్వమును కోరదు.

శూన్య స్థలముయొక్క ఉనికిని బహిష్కరింపవలెనని డెకార్టీ విశ్వసించినపుడు అతడు సత్యదూరుడుకాడు. భౌతిక వాస్తవికత కేవలము మానవుల వస్తువులలో మాత్రమే చూడబడునంతవరకు, ఈ అభిప్రాయము అవశ్యమూ అర్థరహితముగ కనబడును. తేత్రములేని స్థలము ఉండదు. అను డెకార్టీ అభిప్రాయముయొక్క అంతర్గర్భితమగు సత్యమును చూపించుటకు సార్వత్రిక సా పేక్షతా సిద్ధాంతముతోకలిపి వాస్తవిక ప్రతినిధిగ, తేత్రమును గూర్చిన అభిప్రాయము దానికి అవసరము.

సార్వత్రికము గావింపబడిన గురుత్వాకర్షణ సిద్ధాంతము

కనుక సార్వత్రిక సిద్ధాంతముయొక్క ఆధారముమీద విశుద్ధ గురుత్వాకర్షణతేత్రము వెంటనే సిద్ధించును. యిందువలననగా 'తేత్రరహిత' మిస్ 'కౌస్మి స్థలము(1), దాని మాపకముతోసహా ననుసరించి, తేత్రముయొక్క సామాన్య సూత్రములకు శృప్తికరము గావలెను - అని మనము విశ్వసించవచ్చును. ఈ ప్రత్యేక సందర్భము నందుండి పూర్తిగా తర్కబద్ధమైన సర్వసమ్మత దర్శనముతో గురుత్వాకర్షణ సూత్రము అనుగమించును. ఆ సిద్ధాంతముయొక్క పురోభివృద్ధి సార్వత్రిక సాపేక్షమూలసిద్ధాంతమువలన, అంత అసందేహముగ నిశ్చయింపబడలేదు గత దశాబ్దములలో అన్నివైపుల ప్రయత్నములు సాగింపబడెను. భౌతిక వాస్తవికత ఓ తేత్రముయొక్క సర్వసామాన్య సూత్రముగను, విశుద్ధ గురుత్వాకర్షణ తేత్రమునకు, తేత్ర సూత్రము, సూత్రముయొక్క వ్యాప్తికరణముగ సున్నదనియును, ఆ ప్రయత్నము లన్నిటికిని సాధారణమైయున్నది. చాలా తరచినపడవ, సాధారణీకరణమునకు అతి స్వల్ప

వికమగు అకృతిని¹ కనుగొంటినని నేను విశ్వసించును - కాని, అనుభవిక పంథవములకు వ్యతిరేకముగ, ఈ వ్యాపీకృత సూత్రము నిలువగలుగునా? లేదా? అనునది నేను యింకనూ కనుగొనజాలకున్నాను. ఒక ప్రత్యేక శ్రేత్ర సూత్రముగూర్చిన సంప్రశ్నము మున్నుందుగల సామాన్య సమాలోచనలలో అంత ముఖ్యమైనదికాదు. ఇక్కడ యింత దీర్ఘముగ ఆలోచింపబడిన శ్రేత్ర సిద్ధాంతము అసలు గమ్యస్థానమునకు తీసికొనపోగలదా? అనునది ప్రస్తుతము ముఖ్య ప్రశ్న. చతుర్మితీయమగు స్థలముతోసహా, శ్రేత్రమువలన భౌతిక చాస్త్రవికత పూర్తిగా శ్రేత్రమువలన వివరింపగలిగిన సిద్ధాంతము అని దానిభావము. ఈనాటి భౌతిక సైద్ధాంతిక సంతతి ఈ ప్రశ్నకు కాదు' అని సమాధానమే ఇచ్చును. కణ చాదముయొక్క ప్రస్తుత స్వరూపమునకు అను సంబంధించి, విధానముమీద పొందగనిన, కొంతల ఫలితముల లెక్కల పట్టిలవలన, వక్ర మార్గమునుతప్ప విడిచి, నేరుగా (నూటిగా) ఒక విధానముయొక్క స్థితి, నిర్ధారించజాలదు - అని అది విశ్వసించును. ప్రయోగ పూర్వకముగా నమ్మకము పుట్టించిన ద్విధా ప్రకృతి (కణాత్మక-తరంగాత్మక నిర్మాణము) చాస్త్రవికతా భావము యొక్క తాదృశదుర్బలత్వము వలననే ఆహింపబడగల్గుదు - అంతట అనుష్ఠింపనగు సిద్ధాంతమునకు సంబంధించిన విరతి (renunciation) అసలు మనకు ఉన్న పరిజ్ఞానముతో ప్రస్తుతము సమర్థింపబడదు. సాపేక్షతా సిద్ధాంతవధముయొక్క అంతవజుకునూ అటులే పట్టుదలతో యత్నములు కొనసాగించవలెను-అని నేను తలచును.

(1) ఈ సాధారణీకరణమునకు ఈ దిగువ విధానమున గుణ నిరూపణము చేయవచ్చును. మిన్ కాస్కియొక్క శూన్యస్థలమునుండి ఉత్పదనానుసారము g_{ik} ఉత్పన్న ఫలముయొక్క విశుద్ధ గురుత్వాకర్షణ శ్రేత్రము $g_{ik} = g_{ik}$ ($g_{12} = g_{21} \dots$) వలన ఈయబడిన 'సమమితి' ధర్మమును కలిగియున్నది. ఈ సమమితి ధర్మములేకుండ సాధారణీకరణ శ్రేత్రము యిదేరీతిని ఉన్నది. శ్రేత్ర సూత్రము యొక్క ఉత్పాదనము, విశుద్ధ గురుత్వాకర్షణము యొక్క ప్రత్యేక సందర్భమునకు పూర్తిగా సాదృశ్యమయి యున్నది.

గ్రంథ వివరణ పట్టి

BIBLIOGRAPHY

Biographical

out of my later years : Albert Einstein.

(constable 1950)

Einstein - His life and times : Phillip Frank (cape 1948)

Introductory or general

The Special Theory of Relativity : H. Dingle

(Methuen 1940)

The Expanding Universe : A. Eddington

(Cambridge 1933)

Space, Time and Gravitation : A. Eddington

(Cambridge 1923)

The meaning of Relativity A Einstein

(Fifth revised edition, Methuen 1951)

Evolution of Physics : A. Einstein and L. Infeld

(Cambridge 1947)

Relativity Physics : W. H. Mc Crea

(Methuen 1947)

Albert Einstein : Philosopher - Scientist

(The Library of Living Philosophers, vol. 7)

Edited by P. A. Schilpp (Cambridge 1950)

Space - Time Structure : E. Schrodinger

(Cambridge 1950)

The. Structure of the Universe : G. J. Whitrow
(Hutchinson's University Library No. 29 1949)

Mathematical

Introduction to the Theory Of Relativity :-

P. G Bergmann (Prentice - Hall, 1942)

The Mathematical Theory of Relativity :

A. Eddington (Cambridge, 1924)

Relativity, Gravitation and World Structure :

E. A. Milne (Oxford, 1935)

Kinematic Relativity : E. A. Milne, (Oxford 1948)

The Theory of Relativity : C. Moller (Oxfod, 1952)

Relativitätstheorie : W. Pauli, Jr. (Sonderabdruck
aus der Enzyklopädie der mathematischen
wissenschaften, V(2), 543 - 773) (Teubner,
Leipzig, 1921)

Relativity, Thermodynamics and Cosmology :

R. C, Tolman (Oxford, 1934)

Space, Time and Matter : H. Weyl (Mathuen, 1922)

I am indebted to my former colleagues
Dr. B. Donovan (Northern Polytechnic, London) and
Prof. A. G. Walker (Liverpool University) for
suggestions in the choice of books.

R, W, L.

అనుక్రమణిక

(INDEX)

- Aberration : విపథనము 158
- Absorption of Energy : ఊర్జావ శోషణ 47
- Acceleration : త్వరణ 68
- Action at a distance : దూరమున నగు చర్య 49
- Adams : ఏడమ్స్ 107
- Addition of Velocities : సరళ వేగ సంకలనము 17
- Adjacent Points : సన్నిహిత బిందువులు 91
- Aether : ఈథర్ 84
- drift : ఈథరుద్రవవాహము
- ∞ Particle : అల్పాకణము 49
- Arbitrary Substitutions : ఇచ్ఛాను గణికముగ ప్రతిస్థాపనము 101
- Astronomy : ఖగోళ శాస్త్రము 8
- Astronomical day : ఖగోళదినము 12
- Atomic Weights, evaluation of : పరమాణు భారముల విలువ కను గొనుట 50
- Atomistics : పరమాణ్వశి 154
- Axioms : స్వయంసిద్ధము 2
- Truth of : యదార్థత 2
- Bachem : బేకమ్ 140
- Basis of Theory : సిద్ధాంతపు మూలాధారము 45
- "Becoming" : అగుట
- "Being" : ప్రాణి 68

β - Rays : బీటాకిరణములు 52

Biology : జీవశాస్త్రము 152

Bombardment of elements : మూలద్రవ్యవిఘట్టన 49

Bounded Space : అవృత స్థలము 148

Cartesian system of Co - Ordinates : కార్టీసియన్
నిర్దేశాంశ విధానము 7

Cathode rays : కేథోడు కిరణములు 52

Causal associations : కారణ సంబంధములు 152

Celestial mechanics : ఖగోళయాంత్రిక శాస్త్రము 109

Centrifugal force : కేంద్ర విముఖ శక్తి 80

Chemical processes : రసాయనిక ప్రక్రియలు 158

Chest : పెట్టె, మండపము 68

Classical mechanics : సాంప్రదాయిక యాంత్రిక శాస్త్రము 9
—truth of : ... యదార్థత 14

Classical Physics : సాంప్రదాయిక భౌతిక శాస్త్రము 153

Clocks : గడియారములు 10

—rate of : గడియారము రేటు 188

Conception of mass : ద్రవ్యరాశి అనుభావన 43

—Position : స్థలమును గురించిన అవగాహన. (భావము) 6

Conservation of Energy : ఊర్జాస్థిరత 47

—impulse : ప్రేరణ స్థిరత

—mass : ద్రవ్య స్థిరత 47

Continuity : (ఎడతెరిపి తేమిని) 97

Continuum : ఏకాండము 56

—two dimensional - : ద్విమితీయ 67

- , three-dimensional : త్రిమితీయ 58
- , four dimensional : చతుర్విమితీయ 97
- , 'space - time' : 'స్థల-కాల' 79
- , Euclidean : యూక్లిడియన్ 88
- , non - Euclidean : యూక్లిడియన్ కాని 88
- Co - ordinate differences : నిర్దేశాంక వ్యత్యాసములు
- differentials : వ్యవకలనములు 95
- Planes : తలములు 82
- Corpuscular structure : కణనిర్మితము
- Cosmological term of field equations : షేత్రసమీకరణముల 'విశ్వాత్మక పదము 148
- Cottingham : కాటింగ్ హామ్
- Counter-point : ప్రతిరూప బిందువు 115
- Covariant : సహచరము 44
- Covariant equations of condition: నిబంధన సహచరసమీకరణములు 166
- Crommelin : క్రోమిలిన్ (187)
- Curvature of light rays : కాంతి కిరణ వక్రీయత 78
- — space : స్థలవక్రత 185
- Curvilinear motion : వక్రచాగతి 75
- Cyanogen bands: సైనొజన్ పట్టీలు 140
- Darwinian theory : డార్విన్ సిద్ధాంతము 182
- Davidson : డేవిడ్ సన్ 187
- Deductive thought : నిగమన చింతన 181
- Density of matter in space : అంతరాళ పదార్థ సాంద్రత 148
- Derivation of laws: సూత్రముల ఉత్పాదనము 45
- Descartes : డెకార్ట్ 146

De Sitter : డిసిట్టర్ 18

Deuterons : డ్యూట్రానులు 49

Displacement of spectral lines: వర్ణమాలాత్మక విస్థాపనము
107

Distance (line-interval): దూరము (రేఖామధ్యగత) 3

—, physical interpretation of: భౌతికార్థ వివరణ 5

—, relativity of : సాపేక్షత 29

Doppler principle (effect): డాప్లర్ సిద్ధాంతము 57

Double stars : ఐటనక్షత్రములు 18

Duality of Nature : ప్రకృతి 'ద్వంద్వస్వభావము'

Eclipse of star: నక్షత్రగ్రహణము 18

Eddington : ఎడ్డింగ్టన్ 107

Elastic solid body: స్థితి స్థావకత ధర్మముగల ఘనపదార్థము
156

Electricity: విద్యుచ్ఛక్తి 77

Electrodynamics: విద్యుత్గతి శాస్త్రము 77

Electromagnetic theory: విద్యుదయస్కాంత సిద్ధాంతము 51

— waves: తరంగములు 65

Electron: ఎలక్ట్రాను 45

—, electrical masses of : ఎలక్ట్రాను యొక్క విద్యుద్రవ్య
రాశులు 52

Electrostatics: స్థిరవిద్యుత్ శాస్త్రము 77

Elliptical space: దీర్ఘ వృత్తాకార స్థలము 117

Empirical laws: అనుభవ ప్రధాన సూత్రములు 181

—results: అనుభవిక ఫలితము 146

Empty space: శూన్యస్థలము 146

Encounter (space-time coincidence): అభియాశము 98

Equality of inertial and gravitational mass:

జడత్వ గురుత్వ ద్రవ్యరాశుల తుల్యత 68

Equivalence of inertial systems: జడత్వ విధానముల
తుల్యత

— — mass and energy: ద్రవ్యరాశుల ఉద్భవతుల్యత 49

—, principle of: తుల్యతానియమము

Equivalent: తుల్య 15

Euclidean geometry : యూక్లిడ్ షేత్రగణితము, రేఖ
గణితము 1

— —, Propositions of: ప్రతిపాద్యములు 8

— space: స్థలము 58

Events: సంఘటన 150

—, objective: వస్తునిష్ఠితఘటన 150

—, physical: భౌతికఘటన 160

Evershed: ఎవరు షేడ్ 140

Expanding space (universe): విస్తృతినందుచున్న స్థలము 144

Experience: అనుభవము 51

Extension: విస్తృతి 138

—, sub-atomic: ఉప పరమాణ్వీయ 154

Faraday: ఫారడే 49

Field: శేత్రము 154

— components: శేత్రాంగములు 156

— laws: శేత్రసూత్రములు

— theory: శేత్రసిద్ధాంతము

— —, relativistic: సాపేక్ష

Fitz Gerald: ఫిట్జ్ రాల్డ్ 55

Fixed stars: స్థిరకారలు. నక్షత్రములు 12

Fizeau: ఫిజో 40

—, experiment of : ప్రయోగము 44

Frequency of atom : పరమాణువు యొక్క తరచుదనము 189

Friedman : ఫ్రైడ్మన్ 144

Fundamental concepts, empirical sources of : ప్రాథమికము లయిన భావనల అనుభవికోత్పత్తిస్థానములు. 151

Galilei : గెలిలె 12

— transformation : రూపాంతరము 84

Galileian system of co-ordinates: గెలిలియన్ నిర్దేశకాంక విధానము 12

γ -photons : గామా ఫోటాన్సు 49

γ -rays: గామా కిరణములు 49

Gauss : గాస్ 88

Gaussian co-ordinates : గాసియన్ నిర్దేశకాంకములు 20

Generalised theory of gravitation: సార్వత్రిక గురుత్వాకర్షణ సిద్ధాంతము

General theory of relativity: సార్వత్రిక సాపేక్షతా సిద్ధాంతము 61

— — — — experimental confirmation of: ప్రయోగాత్మక ధృవరూపణము 181

Geometers : జేత్ర గణితజ్ఞులు 147

Geometrical ideas : రేఖగణితాభిప్రాయములు 3

— propositions : రేఖగణిత ప్రతిపాద్యములు

— —, truth of: యదార్థత 2

Geometry. empirical content of : జ్యామితి యందలి
అనుభవిక విషయము 154

Gravitation : గురుత్వాకర్షణ 65

—, generalised theory of : సార్వత్రిక గురుత్వాకర్షణ సిద్ధాంతము

Gravitational equations : గురుత్వాకర్షణ సమీకరణములు
—field : క్షేత్రము 65

— —, potential of : విభవము 139

— mass : గురుత్వ ద్రవ్యరాశి 67

Grebe : గ్రేబి 140

Group-density of stars : సాముదాయక నక్షత్రసాంద్రత 109

"Happening" : ప్రాప

Heat conduction : ఉష్ణవాహకత్వము 156

Helmholtz : హెల్మ్ హోల్ట్జ్ 112

Heuristic value of relativity : సాపేక్షతాస్వయం సమర్థత 48

Hubble : హబుల్ 144

Hume : హ్యూమ్ 153

Induction : అగమన 131

Inertia : జడత్వము 67

Inertial mass : జడత్వద్రవ్యరాశి 67

—space : జడత్వ స్థలము.

—system : జడత్వ విధానము 155

Instantaneous photograph (snap shot) : తత్క్షణమున
తీసిన ఛాయాచిత్రము 123

Intensity of gravitational field : గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రతీవ్రత
110

Interference of light : కాంతివ్యతికరణ 157

Intuition: అంతఃప్రేరణ 181

Invariance of natural laws: స్వాభావిక ధర్మముల నిశ్చలత 159

Ions: అయానులు 45

Kant: కాంట్ 148

Kepler; కెప్లర్ 133

Kinetic energy : గతిజ ఊర్జ 46

Lattice: అల్లిక నిర్మాణములు, చక్రములు 112

Law of gravitation : గురుత్వాకర్షణసూత్రము

— — inertia : జడత్వ సూత్రము 12.

Laws of Galilei-Newton: గెలిలి న్యూటనుసూత్రములు 14

— — Nature: ప్రకృతిసిద్ధములగు సూత్రములు

Lengths, in Euclidean geometry: యూక్లిడియన్ రేఖగణిత
మున నిడుపులు (లేకపొడవులు)

Leverrier : లెవెరియర్ 106

Light, as a wave field: కాంతి తరంగక్షేత్రముగ 157

Light-signal: దీపసంకేతము 85

Light-stimulus: కాంతి ఉద్బీపన 85

Light waves: కాంతి తరంగములు 157

Limiting velocity (c): అతిక్రమింపబడని వేగము 87

Lines of orce: శక్తి రేఖలు 110

Lorentz: H. A. : లారెన్జ్, హెచ్. ఎ. 20

— transformation : రూపాంతరము, రూపాంతరీకరణము 85

— — (generalised): సార్వత్రిక 126

Mach, E. : మాక్. ఇ. 74

Magnetic field: అయస్కాంత క్షేత్రము 65

Manifold (See Continuum): బహు

- Mass of heavenly bodies: భగోళవస్తువుల ద్రవ్యరాశి 141
- Materialism : భౌతికవాదము 153
- Material object concept of: భౌతికవస్తుభావము 152
- Material points : పదార్థ విందువులు 155
- Matter: పదార్థము, ద్రవ్యము 104
- Matter, discrete structure of: రచన, నిర్మాణ 155
- Maxwell: మేక్సువెల్ 42
- fundamental equations: ప్రధాన సమీకరణములు 47
- Measurement of length: పొడవు కొలత 87
- Measuring-rod: మానదండము, కొలతకడ్డి, కొలతబద్ధ 7
- Mercury: బుధ 108
- Mercury barometer: పాదరసపు భారమితి 148
- Mercury, orbit of: బుధగ్రహకక్ష్య 103
- Metrical properties: మాపక ధర్మములు
- Metric space: మాపక స్థలము
- Michelson : మైకెల్సన్ 54
- Michelson-Morley experiment: మైకెల్సన్-మార్లీప్రయోగము 55
- Minkowski: మిన్కొస్కి 56
- Minkowski space: మిన్కొస్కి అంతరాళము 56
- —, "field-free: "క్షేత్రస్వతంత్రము"
- Morley; మార్లీ 55
- Motion: చలనము 13
- Motion of a liquid: ద్రవచలనము 156
- Motion, of heavenly bodies: భగోళరాశుల చలనము 15
- Neutrons: న్యూట్రాన్సు 49

Newcomb: న్యూకంబ్ 135

Newton: న్యూటన్ 12

Newtonian mechanics: న్యూటోనియన్ యాంత్రికశాస్త్రము 154

Newton's constant of gravitation: న్యూటను గురుత్వాకర్షణ స్థిరరాశి 140

— law of gravitation: న్యూటను గురుత్వాకర్షణసూత్రములు 88

— — — motion: న్యూటను గతి సూత్రములు 88

— space: స్థలము అంత రాశిము 145

Non Euclidean geometry: యూక్లిడ్ నకు సంబంధించని గేఖాగణితము 112

Non-Galileian reference-bodies: గెలిలియన్ అతిరిక్తములగు సూచిత వస్తువులు 101

Non uniform motion: నైకగతి చలనము 84

"Now": ఇప్పుడు

Nuclear reactions: కేంద్రకీయ అభిక్రియ 4

Nuclear transformation processes: కేంద్రకీయ రూపాంతరీకరణ ప్రక్రియలు 49

Objective concept of time: వస్తునిష్ఠిత కాలభావన 150

— event: వస్తునిష్ఠిత ఘటన 150

— world: వస్తునిష్ఠిత జగత్తు 151

Optics: తేజశ్శాస్త్రము 14

Organ-pipe, note of: పిల్లనక్రొవి స్వరములు 18

Parabola: పరవలయ 9

Particle: కణము 158

Path-curve: వక్రకథము 10

Perihelion of Mercury: బుధుని అను సూర్యబిందువు 123

Physical happening: భౌతిక సంభవము 155

— reality: భౌతిక వాస్తవికత 155

Physicist: భౌతికశాస్త్రజ్ఞుడు 152

Physics: భౌతిక శాస్త్రము 7

— of measurement: కొలతలతో నిండిన భౌతికశాస్త్రము 7

Physiologist: శారీరక శాస్త్రజ్ఞుడు 152

Place specification: స్థల నిర్దేశము 6

Plane: తలము 1

Plato: ప్లేటో 158

Poincare: పాయిన్ కేర్ 112

Point: బిందువు 1

Point, -mass, energy of: ద్రవ్యకణము యొక్క ఊర్జ 46

Ponderable bodies: తూకము గలవస్తువులు 158

— mass: తూచనగు ద్రవ్యరాశి 158

Position: ఉనికి (9)

Primitive experiences: ప్రాచీనానుభవము 148

Principle of relativity: సాపేక్షతా సిద్ధాంత మూలసూత్రము 14

Processes of Nature: ప్రకృతిలో జరుగు ప్రక్రియలు 43

Propagation of Light: కాంతి ప్రసరణము 18

— — —, in liquid: ద్రవమున 41

— — —, in gravitational fields: గురుత్వాకర్షణ కేంద్రము
లందు 78

Prtons: ప్రోటానులు 48

Psychological origin of concept of time : మనస్తత్వ

శాస్త్ర రీత్యా కాలభావనకు మూలము 149

— — — idea of space: స్థలాభిప్రాయము 147

Pythagorean theorem: ప్రైథాగోరియన్ సిద్ధాంతము

Quantum theory: క్వాంటమ్ సిద్ధాంతము కణసిద్ధాంతము

Quasi-Euclidean univers : అనుభవసాధ్యమగు యూక్లిడ్ విశ్వము 119

Quasi-spherical universe: అనుభవసాధ్యమగు గోళము విశ్వము 119

Radiation: వికిరణము 47

Radioactive substances: రేడియోధార్మికత గల పదార్థము 52

Recollection: స్మృతి 50

Red shift (spectral): శోణవిస్థాపనము 141

Reference-body: సూచితవస్తువు 5

— —, rotating: పరిభ్రమించు 80

— mollusc: మాలస్క 102

—, systems of: విధానము మండలము 155

Relative position: సాపేక్ష స్థానము

— velocity: సాపేక్ష సరళ వేగము 123

Relative field theory: సాపేక్షకాత్మకక్షేత్ర సిద్ధాంతము.

Rest: నిశ్చలత 15

Riemann: రీమన్ 88

Riemann condition: రీమన్ షిట్ 88

Rigid bodies: దృఢమైన వస్తువులు 153

Rotation: పరిభ్రమణము 83

Schwarzschild: స్కవర్జ్ షిల్డ్ 140

Seconds-clock: సెకనుల గడియారము 88

Seeliger: సీలిజర్ 109

Sense experience: ఇంద్రియానుభూతి 149

Sequence of experiences: క్రమానుగతానుభవములు 151

Simultaneity: యుగపత్ కాలికము 22

—, relativity of: యుగపత్ సాపేక్షత

Sirius, dense companion of: మృగ వ్యాధనక్షత్ర సహచరము 141

Size-relations: పరిమాణ సంబంధములు 92

Solar eclipse: సూర్యగ్రహణము 76

Solid body: దృఢవస్తువు 153

Space: అంతరాళము, స్థలము 9

—, conception of: స్థలమునుగూర్చిన అవగాహన 20

Space co-ordinates: స్థల నిర్దేశకాంకములు 56

Space-interval: స్థలాంతరము 31

Space-like concepts: స్థల ర్పశ్య భావము 152

Space, objectivity of: స్థల వస్తునిష్ఠిత 143

— point: స్థలబిందువు 102

—, radiug of: వ్యాసార్థము 142

—, structure of: నిర్మాణము 143

Space-time: స్థలకాల

Space, two dimensional: ద్విమితీయ 112

—, three-dimensional: త్రిమితీయ

—, four-dimensional: చతుర్మితీయ

Spatial separation: అవకాశాయ వియోగము

Special theory of relativity: విశిష్ట సాపేక్షతా సిద్ధాంతము 1

Spectral lines, displacement of: వరమాలాత్వవిస్థాపనము 107

Spherical surface: గోళోపరితలము 113

— space: గోళీయస్థలము 116

St. John: సెయింట్ జాన్ 140

Stellar universe: నక్షత్రమయమైన జగత్తు 110

— photographs: చాయాచిత్రములు 187

Straight line : ఋజురేఖ సరళ రేఖ 1

Subjective concept of time: వ్యక్తిగత కాలభావన 150

Surface: ఉపరితలము 147

System of co-ordinates: నిర్దేశకాంకముల విధానము 5

Temperature: ఉష్ణోగ్రత 156

Temperature changes: ఉష్ణోగ్రతయందలి మార్పులు 155

Temperature field: ఉష్ణోగ్రత క్షేత్రము 156

Temporal arrangement of events: క్రమానుబద్ధ ఘటనలు 151

— — — experiences: క్రమానుబద్ధ అనుభవములు 151

Terrestrial space : పార్థివ అంతరాళము 16

Theory: సిద్ధాంతము 181

, truth of: ఋజుత్వము 182

Three-dimensional: త్రిమతీయము 180

Time, conception of: కాలము గురించిన భావన 20

Time co-ordinate: కాల నిర్దేశకాంకము 56

in Physice: భౌతిక శాస్త్రమున కాలము 22

Time of an event, ఘటనాకాలము 25

Time-interval: కాలాంతరము 81

Topological space: స్థానాత్మక స్థలము

Trajectory: వక్రవధము 10

"Truth": యదార్థత 2

Unbounded space: అపరిమిత స్థలము 148

Uniform translation : ఏకరూపక స్థలాంతరగతి ప్రాప్తి 18

Universe (World), structure of: జగన్మిర్మాణము 112

—, circumference of: జగత్పరిధి 115

—, elliptical: దీర్ఘ వృత్తాకార 117

—, Euclidean: యూక్లిడియన్ జగత్తు 113

—, space expanse (radius) of: జగత్తున స్థల విస్తీర్ణత

—, spherical: గోళాకార 116

Value of π : "పై" విలువ 83

Vector: సదిశ 156

Velocity of light: కాంతి సరళ వేగము 10

Venus: శుక్రుడు 134

Wave structure: తరంగ నిర్మాణము

Weight (heaviness): భారము 67

World: ప్రపంచము 56

World-point: ప్రపంచ బిందువు 130

— radius: జగత్ వ్యాపారము 116

— sphere: ప్రపంచగోళము 114

World, real external: వాస్తవిక బాహ్యజగత్తు 150

Zeeman: జీమన్ 42

ELI

25